

1/5/1 (Item 1 from file: 351)  
DIALOG(R) File 351:Derwent WPI  
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

010846775 \*\*Image available\*\*  
WPI Acc No: 1996-343728/199635  
XRAM Acc No: C96-109191  
XRPX Acc No: N96-289352

**Optical feedback photodetection appts. - has high speed response and high signal-to-noise ratio, and is useful for optical disc pick-up and laser scanning microscopes**

Patent Assignee: HAMAMATSU PHOTONICS KK (HAMM )  
Inventor: KOISHI M; SHIRAKAWA K; TAKESHIMA A  
Number of Countries: 007 Number of Patents: 006  
Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 724258	A2	19960731	EP 96300568	A	19960126	199635 B
JP 8201168	A	19960809	JP 9511012	A	19950126	199642
EP 724258	A3	19970108	EP 96300568	A	19960126	199712
US 5614708	A	19970325	US 96591392	A	19960125	199718
EP 724258	B1	20020925	EP 96300568	A	19960126	200271
DE 69623830	E	20021031	DE 623830	A	19960126	200279
			EP 96300568	A	19960126	

Priority Applications (No Type Date): JP 9511012 A 19950126  
Cited Patents: No-SR.Pub; 4.Jnl.Ref; JP 1232544; JP 56036185; JP 61045414;  
US 4449204; US 4460977

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan Pg	Main IPC	Filing Notes
EP 724258	A2	E 26	G11B-007/13	
Designated States (Regional): DE FR GB IT SE				
JP 8201168	A	20	G01J-001/42	
EP 724258	A3		G11B-007/13	
US 5614708	A	23	G11B-007/13	
EP 724258	B1	E	G11B-007/13	
Designated States (Regional): DE FR GB IT SE				
DE 69623830	E		G11B-007/13	Based on patent EP 724258

Abstract (Basic): EP 724258 A

An optical feedback photodetection appts. comprises:  
an oscillator for a synchronising signal at given frequency (100);  
a drive signal output unit (110) for the modulated drive signal;  
a light source (120) which receives the output and emits an intensity-modulated light beam and has an optical amplification function by the fed-back light beam;  
an optical system for irradiating this beam on to the object to be measured and feeding back the return beam to the source;  
a unit for outputting an A.C. voltage signal at the given frequency on the basis of the signal output;  
a photoconductive light-receiving device (160) which receives the light beam from the source and synchronously detects the beam emitted on application of the A.C. signal;  
a unit which converts the modulated current through the device (160) to a voltage signal which is outputted (170); and  
a frequency filter (180) which extracts and outputs a low-frequency component of the voltage signal.

Also claimed is a method or appts. as above for measuring a characteristic for attribute of an object by reflecting laser light from the object back onto the laser and detecting consequent changes in the lasing.

USE - As laser feedback photodetection appts. for optical disc pickup and laser scanning microscopy.

ADVANTAGE - The appts. has high speed response, a high signal-to-noise ratio and a wide dynamic range.

Dwg.1/19

Title Terms: OPTICAL; FEEDBACK; PHOTODETECTOR; APPARATUS; HIGH; SPEED;  
RESPOND; HIGH; SIGNAL; NOISE; RATIO; USEFUL; OPTICAL; DISC; PICK-UP;  
LASER; SCAN; MICROSCOPE  
Derwent Class: L03; P81; S03; T03; U12; V08; W04

International Patent Class (Main): G01J-001/42; G11B-007/13  
International Patent Class (Additional): G01B-011/00; G01C-003/06;  
G02B-021/00; G11B-007/00; G11B-007/125; G11B-007/135; H01J-040/14;  
H01S-003/00; H01S-003/133  
File Segment: CPI; EPI; EngPI



⑬ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Übersetzung der  
europäischen Patentschrift**

⑨⑦ **EP 0 724 258 B 1**

⑩ **DE 696 23 830 T 2**

⑤① Int. Cl. 7:  
**G 11 B 7/13**  
G 02 B 21/00  
G 01 J 1/42  
G 11 B 7/125  
H 01 S 3/00

②① Deutsches Aktenzeichen: 696 23 830.6  
⑨⑥ Europäisches Aktenzeichen: 96 300 568.1  
⑨⑥ Europäischer Anmeldetag: 26. 1. 1996  
⑨⑦ Erstveröffentlichung durch das EPA: 31. 7. 1996  
⑨⑦ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 25. 9. 2002  
④⑦ Veröffentlichungstag im Patentblatt: 28. 5. 2003

Family  
member  
of EP0724  
258B1

DE 696 23 830 T 2

③⑩ Unionspriorität:  
1101295 26. 01. 1995 JP

⑦③ Patentinhaber:  
Hamamatsu Photonics K.K., Hamamatsu, Shizuoka,  
JP

⑦④ Vertreter:  
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner GbR, 80336  
München

⑧④ Benannte Vertragstaaten:  
DE, FR, GB, IT, SE

⑦② Erfinder:  
Koishi, Musubu, Hamamatsu-shi, Shizuoka-ken, JP;  
Shirakawa, Kouichi, Hamamatsu-shi, Shizuoka-ken,  
JP; Takeshima, Akira, Hamamatsu-shi,  
Shizuoka-ken, JP

⑤④ Optische Rückkopplungs-Photodetektorvorrichtung

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 696 23 830 T 2

Deutschsprachige Übersetzung der Beschreibung  
der Europäischen Patentanmeldung Nr. 96 300 568.1  
des Europäischen Patents Nr. 0 724 258

5

#### HINTERGRUND UND TECHNISCHES GEBIET DER ERFINDUNG

Die Erfindung bezieht sich auf eine optische Rückkopplungs-  
10 Fotodetektorvorrichtung zur Erfassung einer  
Intensitätsänderung eines von einer Lichtquelle abgegebenen  
Lichtstrahls, wobei diese Änderung von einem von einem  
anzumessenden Objekt zurückgeworfenen oder reflektierten  
Lichtstrahl verursacht wird.

15

#### Zugehöriger Stand der Technik

In der US-A-4 460 977 (SHIMADA JUNICHI ET AL) ist ein  
optisches Speicherwiedergabegerät beschrieben, bei dem ein  
20 Longitudinal-Einmoden-Laserstrahl von einem  
selbstkoppelnden Halbleiter-Laserelement emittiert und über  
ein optisches System auf ein  
Informationsaufzeichnungsmaterial projiziert wird. Der  
Laserstrahl wird zum Halbleiter-Laserelement  
25 rückreflektiert. Die Informationswiedergabe von dem  
Informationsaufzeichnungsmaterial erfolgt durch Ermittlung  
von Intensitätsänderungen der Ausgangsschwingung des  
Halbleiter-Laserelements, die in Übereinstimmung mit  
Intensitätsänderungen des reflektierten Laserstrahls  
30 auftreten.

Wenn ein von einem Laserresonator abgegebener Lichtstrahl  
einen Stoff oder ein Material bestrahlt und ein Teil des  
Lichtstrahls von dem Material reflektiert und zum  
35 Laserresonator zurückgeführt wird, verursacht dies eine  
starke Änderung der Lasercharakteristik, auch wenn der

27.09.02

relative Rückkopplungsbetrag sehr klein ist. Solche, von dem von außerhalb des Lasers gelegenen Bereichen reflektierten Lichtstrahl hervorgerufene Änderungen der Charakteristik bzw. Kennlinie sind insbesondere bei einem Halbleiter-Laser sehr ausgeprägt und haben auf  
5 verschiedenen Anwendungsgebieten erhebliche Nachteile einschließlich eines Anstiegs von Störungen bzw. von Störsignalanteilen zur Folge.

10 Andererseits ist eine als Laserrückkopplungs-Fotodetektionsverfahren bezeichnete und die vorstehend beschriebene Erscheinung ausdrücklich ausnutzende Technik bekannt, bei der ein von einem Halbleiter-Laser abgegebener Lichtstrahl auf ein vorgegebenes Objekt gerichtet und  
15 sodann die Intensität des von dem Objekt reflektierten, gestreuten oder gebeugten Lichtstrahls erfasst und gemessen wird.

Anders als bei einem Verfahren zur direkten Ermittlung der  
20 Intensität des von einem anzumessenden Objekt reflektierten oder gestreuten Lichtstrahls, erfordert dieses Laserrückkopplungs-Fotodetektionsverfahren weder einen Optoisolator zur Unterdrückung des zu dem als Lichtquelle dienenden Halbleiter-Laser zurückkehrenden Lichtstrahls,  
25 noch eine Strahlenteilereinrichtung zur Führung oder Ablenkung des von dem Objekt auf den Fotodetektor reflektierten oder gestreuten Lichtstrahls oder eine Nadellochplatte zur Verhinderung des Entstehens von Rauschen oder Störsignalanteilen im Fotodetektor. Die  
30 optische Anordnung kann daher erheblich vereinfacht werden.

Aus diesem Grunde ist dieses Verfahren als vielversprechende Abtasttechnik bei optischen Scheiben oder Platten angesehen und entsprechend untersucht worden, da es  
35 nur ein sehr einfaches und kompaktes optisches System

27.09.02

erfordert ("Optics Communications Handbook" von Hisayoshi Yanai, herausgegeben von Asakura Shoten, 1984, Seiten 610-611; und Y. Mitsuhashi, et al., Optics Communications, April 1976, Vol. 17, Seiten 95-97).

5

In den letzten Jahren hat eine Arbeitsgemeinschaft der Universität von Oxford berichtet, dass sich bei Anwendung des Laserrückkopplungs-Fotodetektionsverfahrens auf ein confokales Laser-Abtastmikroskop ein ausgezeichnetes  
10 Ergebnis erzielen lässt (R. Juskaitis, et al., Optics Communications, 109 (1994) Seiten 167-177; und R. Juskaitis, et al., Optics Letters, Juli 1993, Vol. 18, Nr. 14, Seiten 1135-1137).

15 ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Die Erfinder haben den vorstehend genannten Stand der Technik untersucht und hierbei das Auftreten folgender Probleme festgestellt:

20

Bei dem vorstehend beschriebenen Laserrückkopplungs-Fotodetektionsverfahren ist zu berücksichtigen, dass das Endflächen-Reflexionsvermögen eines Halbleiter-Lasers im allgemeinen so gering wie ungefähr 0,3 und die Hohlraum-  
25 bzw. Resonatorlänge ebenfalls so klein wie einige hundert µm sind, d.h., viel kleiner als bei anderen Lasern. Aus diesem Grunde zeigt ein Halbleiter-Laser die Tendenz, auch von einem schwachen zurückkehrenden Lichtstrahl bzw. Rücklichtstrahl stark beeinflusst zu werden, was zu einem  
30 Anstieg des Rauschens bzw. der Störsignalanteile führt. In der nachstehenden Beschreibung beinhaltet der Rücklichtstrahl einen von dem anzumessenden Objekt reflektierten oder gestreuten Lichtstrahl und bezeichnet Lichtstrahlen, die auf den Halbleiter-Laser als Lichtquelle  
35 zurückgeführt bzw. rückgekoppelt werden.

27.09.02

Es gibt im wesentlichen zwei Gründe für einen Anstieg des Rauschens bzw. der Störsignalanteile auf Grund des Rücklichtstrahls:

5

1) Da sich das Spektrum des Emissionslichts auf Grund des Rücklichtstrahls ändert, steigt das beträchtliche Quantenrauschen eines Halbleiter-Lasers innerhalb eines spezifischen Frequenzbandes an, und

10

2) da die Laserschwingung auf Grund des Rücklichtstrahls instabil wird, steigt das Rauschen im Bereich eines niederfrequenten Frequenzbandes von mehreren hundert MHz oder weniger an. Im ersteren Falle stellt das Rauschen im wesentlichen ein Problem bei der optischen Kommunikation dar. Im letzteren Falle muss das Rauschen jedoch zur Ermittlung eines Rücklichtstrahls mit einer großen Lichtmengenänderung reduziert werden.

15

20

Wenn z.B. das Laserrückkopplungs-Fotodetektionsverfahren bei der Abtastung optischer Scheiben oder Platten Verwendung findet, stellt dieses Rauschen ein schwerwiegendes Problem dar. Hierbei wird bei einer Monomodens-Übertragung Interferenzrauschen auf Grund von Änderungen der Länge des optischen Strahlengangs erzeugt, während bei einer Mehr- bzw. Vielmodens-Übertragung Modenumschaltrauschen entsteht, was in der Praxis zu großen Schwierigkeiten führt. Zur Reduzierung des Rauschens, das dann entsteht, wenn eine Laserschwingung auf Grund des Rücklichtstrahls instabil wird, sind verschiedene Gegenmaßnahmen gegen Rauschen untersucht worden, einschließlich eines Verfahrens zur Stabilisierung des Monomodens-Betriebs und eines Verfahrens zur Realisierung eines Vielmodens-Betriebs ohne Modenumschaltrauschen. Jedes dieser Verfahren erbringt jedoch nur eine Verringerung des

30

35

27.09.00

Rausch- oder Störpegels auf ungefähr 0,1 % bis 1 %, obwohl sich der Störpegel in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen des Halbleiter-Lasers ändert. Zur Messung eines Rücklichtstrahls innerhalb eines weiten  
5 Bereichs von ungefähr 100 % bis 0,01 % ist diese Verringerung des Rauschens für eine Verwendung des Laserrückkopplungs-Fotodetektionsverfahrens unzureichend. Aus diesem Grund ist bisher kein Abtastverfahren unter Verwendung des Laserrückkopplungs-Fotodetektionsverfahrens  
10 erfolgreich entwickelt und in der Praxis eingesetzt worden.

Wenn das Laserrückkopplungs-Fotodetektionsverfahren bei einem confokalen Laser-Abtastmikroskop Verwendung findet, kann ein confokales optisches System sehr leicht durch  
15 Verwendung des Mikroskops als optisches Kondensatorsystem gebildet werden, und zwar deshalb, weil der Lichtemissionspunkt und der Lichtempfangspunkt auf Grund des Prinzips des Laserrückkopplungs-Fotodetektionsverfahrens die gleiche Position aufweisen.  
20 Obwohl in diesem Falle die wesentlichen Eigenschaften des Laserrückkopplungs-Fotodetektionsverfahrens Anwendung finden, sind keine neuen Gegenmaßnahmen gegen Rauschen untersucht worden, sodass das Problem des Rauschens ungelöst bleibt.

25 Zur Verringerung des beim Laserrückkopplungs-Fotodetektionsverfahren entstehenden Rauschens kann auch eine weitere Technik Verwendung finden, bei der der Halbleiter-Laser mit einer vorgegebenen Frequenz moduliert  
30 und der Rücklichtstrahl von einem Fotodetektor, wie einer Fotodiode, empfangen und von einer synchronen Abtasteinrichtung, wie einem synchronisierten Verstärker, erfasst wird, wodurch sich der Störabstand (S/N-Verhältnis) verbessert. Da jedoch die Gleichlauffrequenz eines  
35 synchronisierten Verstärkers auf ungefähr 100 kHz



27.09.00

beschränkt ist, kann ein schnelles Ansprechen nicht erwartet werden. Außerdem wird das Gerät komplex und aufwändig, sodass es sich in der Praxis nicht zur Abtastung optischer Scheiben oder Platten eignet.

5

Mit Hilfe der erfindungsgemäßen optischen Rückkopplungs-Fotodetektorvorrichtung lässt sich ein schnelles Ansprechen bzw. Hochgeschwindigkeitsansprechen erreichen, während Rauschen zur Erzielung eines hohen Störabstands (S/N-Verhältnis) und eines großen Dynamikbereichs minimal gehalten wird.

10

Eine erste Ausgestaltung der Erfindung in Form einer optischen Rückkopplungs-Fotodetektorvorrichtung ist in Patentanspruch 1 wiedergegeben.

15

Eine zweite Ausgestaltung der Erfindung in Form eines Verfahrens zur Messung einer Charakteristik oder von Eigenschaften eines Objektes ist in Patentanspruch 10 wiedergegeben. Bei diesem Verfahren wird von einem Laser abgegebenes und von einem Objekt reflektiertes Licht dazu veranlasst, wieder auf den Laser zu fallen, und die daraufhin entstehenden Änderungen der Schwingung des Lasers (120) werden fasst, um die Bestimmung einer Charakteristik oder von Eigenschaften des Objektes zu ermöglichen.

20

25

Die optische Rückkopplungs-Fotodetektorvorrichtung gemäß der ersten Ausgestaltung der Erfindung erfasst eine Signalkomponente des von der Lichtquelle abgegebenen Lichtstrahls, wobei diese Signalkomponente auf Grund des von dem anzumessenden Objekt reflektierten Rücklichtstrahls erzeugt wird, und umfasst (a) einen Oszillator zum Oszillieren eines synchronisierenden Signals bzw. Synchronsignals mit einer vorgegebenen Frequenz, (b) eine Treibersignal-Ausgabeschaltung zur Ausgabe eines auf der

30

35

27.09.02

Basis des vom Oszillator abgegebenen Synchronsignals mit der vorgegebenen frequenzmodulierten Ansteuer- oder Treibersignals, (c) eine Lichtquelle, die das von der Treibersignal-Ausgabeschaltung abgegebene Treibersignal zur  
5 Abgabe eines mit der vorgegebenen Frequenz intensitätsmodulierten Lichtstrahls erhält und durch den rückgekoppelten Lichtstrahl eine optische Verstärkungsfunktion aufweist, (d) ein optisches System zum Richten des von der Lichtquelle abgegebenen Lichtstrahls  
10 auf ein anzumessendes Objekt und zur Rückkopplung des vom Objekt zurückgeworfenen Lichtstrahls auf die Lichtquelle, (e) eine Spannungszuführungseinheit zur Abgabe eines Wechselspannungssignals mit der vorgegebenen Frequenz auf der Basis des vom Oszillator abgegebenen Synchronsignals,  
15 (f) eine fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung zum Empfang des von der Lichtquelle abgegebenen Lichtstrahls und zur synchronen Erfassung des von der Lichtquelle abgegebenen Lichtstrahls mit der vorgegebenen Frequenz bei Anliegen des von der Spannungszuführungseinheit abgegebenen  
20 Wechselspannungssignals, (g) eine Strom/Spannungs-Umsetzereinheit zur Umsetzung des durch die fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung fließenden modulierten Stroms in ein Spannungssignal und Ausgabe dieses Spannungssignals, und (h) eine Frequenzfiltereinheit zur Extraktion und  
25 Ausgabe einer niederfrequenten Komponente des von der Strom/Spannungs-Umsetzereinheit abgegebenen Spannungssignals.

Vorzugsweise weist die erfindungsgemäße Vorrichtung  
30 außerdem eine Phaseneinstelleinheit zur Einstellung der Modulationsphase des der Lichtquelle zugeführten Treibersignals und der Modulationsphase des der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung zugeführten Wechselspannungssignals auf.

27.09.02

Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst vorzugsweise eine Vorspannungsregeleinheit zur Steuerung bzw. Regelung der Betriebsvorspannung der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung.

5

Bei der erfindungsgemäßen optischen Rückkopplungs-Fotodetektorvorrichtung besteht die Lichtquelle vorzugsweise aus einem Halbleiter-Laser oder einer Superlumineszenzdiode. Der Halbleiter-Laser wird

10 vorzugsweise mit einem Treiberstrom innerhalb eines unter dem Schwellenstromwert des Halbleiter-Lasers liegenden Bereichs betrieben.

Im einzelnen stellt der durch die fotoleitfähige  
15 Lichtempfangseinrichtung fließende fotoelektrische Strom vorzugsweise eine im wesentlichen ungeradzahlige Funktion einer anliegenden Spannung innerhalb eines vorgegebenen Bereichs dar, und zwar einschließlich eines anliegenden Spannungswerts von 0 V, wenn die Intensität des empfangenen  
20 Lichtstrahls konstant und die anliegende bzw. zugeführte Spannung eine unabhängige Variable sind. Außerdem stellt der durch die fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung fließende fotoelektrische Strom vorzugsweise eine im wesentlichen lineare Funktion der Intensität des  
25 empfangenen Lichtstrahls innerhalb eines vorgegebenen Intensitätsbereichs des empfangenen Lichtstrahls dar, wenn die anliegende bzw. zugeführte Spannung konstant und die Intensität des empfangenen Lichtstrahls eine unabhängige Variable sind. Weiterhin ist das der fotoleitfähigen  
30 Lichtempfangseinrichtung zugeführte Spannungssignal vorzugsweise periodisch und hat einen zeitlichen Mittelwert von im wesentlichen Null, sodass die Amplitude eine im wesentlichen geradzahlige Funktion der Zeit darstellt, wenn ein Ursprung auf einen mittleren Punkt zwischen  
35 benachbarten Zeiten gesetzt wird, bei denen die Amplitude

27.09.02

den Wert Null annimmt. Zweckmäßigerweise ist die fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung ein Metall-Halbleiter-Metall-Fotodetektor (nachstehend als MSM-Fotodetektor abgekürzt). Vorzugsweise findet im Rahmen der  
5 fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung ein Fotodetektor Verwendung, bei dem als foto- bzw. lichtempfindliches Material GaAs, InP, GaP, InGaAs, HgCdTe, PbS, PbSe, CdS oder CdSe verwendet wird.

10 Bei der erfindungsgemäßen optischen Rückkopplungs-Fotodetektorvorrichtung versetzt der Oszillator ein synchronisierendes Signal mit einer vorgegebenen Frequenz in Schwingungen und führt dieses Synchronsignal der Treibersignal-Ausgabeeinheit und der  
15 Spannungszuführungseinheit zu. Aus diesem Grund wird das mit der vorgegebenen Frequenz modulierte Treibersignal der Lichtquelle über die Treibersignal-Ausgabeeinheit zugeführt, während das mit der vorgegebenen Frequenz modulierte Wechselspannungssignal von der  
20 Spannungszuführungseinheit an die fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung angelegt wird.

Die Lichtquelle gibt somit zur Bestrahlung des anzumessenden Objektes über das optische System einen  
25 Lichtstrahl ab, der auf der Basis des modulierten Treibersignals von der Treibersignal-Ausgabeeinheit mit der vorgegebenen Frequenz intensitätsmoduliert ist. Dieser auftreffende Lichtstrahl wird von dem anzumessenden Objekt reflektiert oder gestreut und über das optische System zur  
30 Lichtquelle zurückgeführt bzw. rückgekoppelt. Da die Lichtquelle eine optische Verstärkungsfunktion durch einen externen einfallenden Lichtstrahl aufweist, verändert sich die Intensität des von der Lichtquelle abgegebenen Lichtstrahls auf Grund des vom Objekt zurückgeführten bzw.  
35 rückgekoppelten Rücklichtstrahls.

27.09.02

Der von der Lichtquelle abgegebene Lichtstrahl, dessen Intensität sich in Abhängigkeit von dem vom anzumessenden Objekt zurückgeführten Rücklichtstrahl ändert, wird von der  
5 fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung aufgenommen. Da hierbei das von der Spannungszuführungseinheit abgegebene modulierte Spannungssignal der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung zugeführt wird, wird der von der Lichtquelle abgegebene Lichtstrahl synchron mit der  
10 vorgegebenen Frequenz von der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung erfasst. Demzufolge wird der durch die fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung fließende fotoelektrische Strom zu einem modulierten Stromsignal mit einer niederfrequenten Komponente, deren Wert dem Produkt  
15 der Modulationsfrequenzkomponente des von der Lichtquelle abgegebenen Lichtstrahls und der Modulationsfrequenzkomponente des modulierten Spannungssignals entspricht. Mit "niedriger Frequenz" ist eine unter der Intensitätsmodulationsfrequenz des  
20 Rücklichtstrahls liegende Frequenz bezeichnet, die in der Praxis auch eine viel höhere Frequenz (z.B. 1 MHz) umfasst.

Das durch die fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung fließende modulierte Stromsignal wird von der  
25 Strom/Spannungs-Umsetzereinheit zu einem Spannungssignal umgesetzt. Daraufhin wird nur die niederfrequente Komponente des Spannungssignals von der Frequenzfiltereinheit extrahiert und von der optischen Rückkopplungs-Fotodetektorvorrichtung als Ausgangssignal  
30 abgegeben.

Bei der erfindungsgemäßen optischen Rückkopplungs-Fotodetektorvorrichtung wird somit die gesamte Verarbeitung eines Signals mit einer hohen Frequenz von der  
35 fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung vorgenommen, wobei

nur ein Signal in einem elektrisch leicht zu verarbeitendem hohen Frequenzband einer elektrischen Verstärkung oder dergleichen unterzogen und dadurch die Messung durchgeführt wird.

5

Als der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung zugeführtes Spannungssignal wird ein periodisches Spannungssignal mit einem zeitlichen Mittelwert von im wesentlichen Null und einer Amplitude ausgewählt, die eine im wesentlichen geradzahlige Zeitfunktion bzw. Zeitabhängigkeit aufweist, wenn ein Ursprung auf einen Mittelpunkt zwischen benachbarten Zeitpunkten eingestellt wird, bei denen die Amplitude Null wird. Durch diese Maßnahme wird die Gleichstromkomponente des

15 Hintergrundlichts entfernt und gleichzeitig die Wechselstromkomponente des Hintergrundlichts außer der Frequenz des modulierten Spannungssignals gedämpft und dadurch eine effektive Messung ausgeführt.

20 Die Erfindung wird nachstehend anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben.

Die nachstehende, detaillierte Beschreibung spezifischer, vorteilhafter Ausführungsbeispiele der Erfindung dient lediglich zur Veranschaulichung und nicht etwa zur Beschränkung der Erfindung auf diese Ausführungsbeispiele, da verschiedene Änderungen und Modifikationen im Rahmen der Erfindung aus der nachstehenden, detaillierten Beschreibung

25 für den Fachmann ersichtlich sind.

30

Im Rahmen der nachstehenden Kurzbeschreibung der Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild zur Veranschaulichung der Anordnung eines ersten Ausführungsbeispiels der optischen Rückkopplungs-Fotodetektorvorrichtung gemäß der Erfindung,

5 Fig. 2 bis 4 Kennlinien einer fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung, die bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung Verwendung findet,

Fig. 5 ein Blockschaltbild einer ersten  
10 Schaltungsanordnung des Hauptteils der Vorrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel nach Fig. 1,

Fig. 6 ein Blockschaltbild einer zweiten  
Schaltungsanordnung des Hauptteils der Vorrichtung gemäß  
15 dem ersten Ausführungsbeispiel nach Fig. 1,

Fig. 7 ein Blockschaltbild einer dritten  
Schaltungsanordnung des Hauptteils der Vorrichtung gemäß  
dem ersten Ausführungsbeispiel nach Fig. 1,

20 Fig. 8 den Aufbau eines MSM-Fotodetektors als fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung gemäß den Fig. 5 bis 7,

25 Fig. 9 bis 11 die Beziehung zwischen der Empfindlichkeit der Vorrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung und einer Objektentfernung  $L$ , wobei sich insbesondere das Blockschaltbild gemäß Fig. 9 auf die grundsätzliche  
30 Anordnung der Vorrichtung gemäß Fig. 1 bezieht,

Fig. 12 und 13 die Struktur einer SLD-Diode (Superlumineszenzdiode),

Fig. 14 eine grafische Darstellung zur Veranschaulichung der spektralen Emissionscharakteristik der SLD-Diode gemäß den Fig. 12 und 13,

5 Fig. 15 bis 17 die Strukturen verschiedener SLD-Dioden,

Fig. 18 ein Blockschaltbild der Anordnung eines zweiten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen optischen Rückkopplungs-Fotodetektorvorrichtung, und  
10

Fig. 19 ein Blockschaltbild der Anordnung eines dritten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen optischen Rückkopplungs-Fotodetektorvorrichtung.

15

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

Nachstehend wird näher auf Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher  
20 eingegangen, wobei im Rahmen der Beschreibung und der Zeichnung gleiche Bezugszahlen gleiche Bauelemente bezeichnen und bei deren Wiederholung auf eine detaillierte Beschreibung verzichtet wird.

#### 25 Erstes Ausführungsbeispiel

Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild der Anordnung einer optischen Rückkopplungs-Fotodetektorvorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die Vorrichtung  
30 gemäß diesem Ausführungsbeispiel eignet sich für eine optische Abtasteinrichtung, die sich zum Lesezugriff auf z.B. eine optische Scheibe oder Platte eignet.

Gemäß Fig. 1 umfasst dieses Ausführungsbeispiel der  
35 Vorrichtung (a) einen Oszillator 100 zum Oszillieren eines



oszillierenden Signals bzw. Synchronsignals mit einer vorgegebenen Frequenz  $f_0$ , (b) eine Treibersignal-Ausgabeschaltung 110 zur Ausgabe eines auf der Basis des vom Oszillator 100 abgegebenen Synchronsignals mit der

5 Frequenz  $f_0$  modulierten Ansteuer- oder Treibersignals, (c) einen Halbleiter-Laser 120, der das von der Treibersignal-Ausgabeschaltung 110 abgegebene modulierte Treibersignal erhält und einen mit der Frequenz  $f_0$  intensitätsmodulierten Lichtstrahl abgibt, wobei er auch als Lichtquelle mit einer

10 optischen Verstärkungsfunktion durch einen externen einfallenden Lichtstrahl dient, (d) ein optisches System 140, das den vom Halbleiter-Laser 120 abgegebenen Lichtstrahl auf ein anzumessendes Objekt 130 wirft und den vom Objekt 130 zurückgeworfenen Lichtstrahl auf den

15 Halbleiter-Laser 120 rückkoppelt, (e) eine Spannungszuführungseinheit 150 zur Abgabe eines modulierten Spannungssignals mit der Frequenz  $f_0$  auf der Grundlage des vom Oszillator 100 abgegebenen Synchronsignals, (f) eine fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160, die hinter dem

20 Halbleiter-Laser 120 zur Aufnahme rückwärts gerichteten Emissionslichts vom Halbleiter-Laser 120 angeordnet ist und den vom Halbleiter-Laser 120 abgegebenen Lichtstrahl bei Zuführung des von der Spannungszuführungseinheit 150 abgegebenen modulierten Spannungssignals synchron mit der

25 Frequenz  $f_0$  erfasst, (g) eine Strom/Spannungs-Umsetzereinheit 170 zur Umsetzung eines durch die fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 fließenden modulierten Stromsignals in ein Spannungssignal und Ausgabe dieses Spannungssignals, und (h) eine Frequenzfiltereinheit

30 180 zur Extraktion und Ausgabe der Niederfrequenzkomponente des von der Strom/Spannungs-Umsetzereinheit 170 abgegebenen Spannungssignals. Die Vorrichtung weist gemäß diesem Ausführungsbeispiel außerdem (i) eine zwischen dem Oszillator 100 und der Spannungszuführungseinheit 150

35 angeordnete Phaseneinstellschaltung 190 auf, die die

Modulationsphase des dem Halbleiter-Laser 120 zugeführten Treibersignals und die Modulationsphase des der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 zugeführten Wechselspannungssignals einstellt, sowie (j) eine mit der  
5 fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 verbundene Vorspannungsregeleinheit 200, die die der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 zugeführte Betriebsvorspannung steuert bzw. regelt.

10 Gemäß der Charakteristik der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 stellt ein durch die fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 fließender fotoelektrischer Strom  $I$  im wesentlichen eine ungeradzahlige Funktion einer zugeführten bzw. anliegenden  
15 Spannung  $V$  in einem vorgegebenen Bereich eines zugeführten Spannungswertes einschließlich  $0\text{ V}$  dar, wenn die empfangene Lichtintensität konstant und die zugeführte Spannung  $V$  eine unabhängige Variable sind. Die Fig. 2 bis 4 sind grafische Darstellungen von  $V - I$ -Kennlinien, die erhalten werden,  
20 wenn die empfangene Lichtintensität bei der bei der erfindungsgemäßen optischen Rückkopplungs-Fotodetektorvorrichtung verwendbaren fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 konstant ist. Die  
fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 zeigt auf Grund  
25 ihres Arbeitsprinzips und des Aufbaus ein symmetrisches Ansprechverhalten in Bezug auf die Polaritäten der zugeführten Spannung  $V$ . Die Polarität des fotoelektrischen Stroms  $I$  ändert sich somit in Übereinstimmung mit der Polarität der zugeführten Spannung  $V$ .

30 Wenn diese Eigenschaften vorliegen, lässt sich eine Verstärkungsmodulation des beim Empfang des rückwärtigen Emissionslichts vom Halbleiter-Laser 120 erzeugten fotoelektrischen Stroms  $I$  mit der zugeführten Spannung  $V$   
35 erzielen. Wenn die Modulationskennlinie fast linear

verläuft, lässt sich das Produkt des vom Halbleiter-Laser 120 empfangenen Emissionslichtsignals mit dem zugeführten modulierten Spannungssignal im Bereich der Ansprechfrequenz der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 berechnen, sodass eine synchrone Erfassung einer optischen Erscheinung von der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 selbst vorgenommen werden kann.

Die Schaltungsanordnung des Hauptteils der Vorrichtung gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird nachstehend unter Bezugnahme auf die Fig. 5 bis 7 näher beschrieben.

Die Fig. 5 bis 7 sind Schaltbilder, die Einzelheiten der Spannungszuführungseinheit 150, der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160, der Strom/Spannungs-Umsetzereinheit 170, der Frequenzfiltereinheit 180 und der Vorspannungsregleinheit 200 sowie deren Verbindungen miteinander veranschaulichen.

Wie Fig. 5 zu entnehmen ist, wird die Spannungszuführungseinheit 150 von einer Spannungszuführungsschaltung 151 gebildet, die Koppelkondensatoren C1 und C2 zum Anlegen eines Spannungssignals aufweist, das der Wechselspannungskomponente eines der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 zugeführten Spannungssignals entspricht.

Als fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 findet ein MSM-Fotodetektor 161 mit einer Metall-Halbleiter-Metall-Übergänge aufweisenden Struktur Verwendung. Mit dem MSM-Fotodetektor 161 sind Drosselspulen L1 und L2 verbunden, die die niederfrequente Komponente eines im MSM-Fotodetektor 161 erzeugten fotoelektrischen Stroms weiterleiten. Der MSM-Fotodetektor 161 eignet sich zur

Hochgeschwindigkeitsmodulation, da ein MSM-Fotodetektor mit einer Ansprechfrequenz von 100 GHz oder mehr ohne Schwierigkeiten erhältlich ist. Da außerdem der Dunkelstrom gering ist, ist demzufolge auch das Rauschen bzw. der Störsignalanteil gering. Fig. 8 zeigt den Aufbau eines MSM-Fotodetektors 161. In Fig. 8 bezeichnet die Bezugszahl 161a ein Halbleitersubstrat, die Bezugszahlen 161b und 161c Isolationsschichten, und die Bezugszahlen 161d und 161e Schottky-Elektroden. Der MSM-Fotodetektor 161 ist z.B. in der japanischen Patent-Offenlegungsschrift 3-11670 beschrieben. Als Halbleitermaterial, d.h. als lichtempfindliches Material des Halbleitersubstrats 161a, eignet sich ein Halbleiter der Gruppen III-V, wie z.B. GaAs, InP oder GaP, wenn das vom Halbleiter-Laser 120 abgegebene Emissionslicht im sichtbaren Bereich oder infrarotnahen Bereich liegt. Zur Verwendung in einem für die optische Kommunikation eingesetztem langwelligen Bereich eignet sich jedoch ein Mischkristall-Halbleiter, wie z.B. InGaAs oder HgCdTe. Obwohl die Ansprechfrequenz beschränkt ist, kann auch PbS, PbSe, CdS, CdSe oder dergleichen verwendet werden.

Die Strom/Spannungs-Umsetzereinheit 170 wird von einem Operationsverstärker A1 und einem Widerstand R1 gebildet. Ein modulierte Eingangsstromsignal wird vom Widerstand R1 in eine Spannung umgesetzt und als Spannungssignal abgegeben.

Die Frequenzfiltereinheit 180 wird von einem Operationsverstärker A2, einem Widerstand R2 und einem Kondensator C4 gebildet. Das von der Strom/Spannungs-Umsetzereinheit 170 abgegebene Spannungssignal wird entsprechend der vom Produkt des Kapazitätswertes des Kondensators C4 und des Widerstandswertes des Widerstands R2 bestimmten Zeitkonstanten zur Berechnung eines

zeitlichen Mittelwerts integriert. Durch diesen Vorgang wird ein Spannungssignal in einem gewünschten Frequenzband abgegeben.

5 Die Vorspannungsregeleinheit 200 wird von einem variablen Widerstand VR1 zur Einstellung des Vorspannungswertes und in Reihe geschalteten Gleichstromquellen E1 und E2 gebildet, die mit den Anschlüssen des variablen Widerstands VR1 verbunden sind. Der Verbindungspunkt zwischen der  
10 Gleichspannungsquelle E1 und der Gleichspannungsquelle E2 liegt an Massepotential, wodurch der Vorspannungswert für die fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 eingestellt wird.

15 Durch Änderung der Zuführungsweise des Spannungssignals bei der Schaltungsanordnung gemäß Fig. 5 kann auch eine die Spannungszuführungsschaltung 152 gemäß Fig. 6 oder die Spannungszuführungsschaltung 153 gemäß Fig. 7 verwendende Schaltungsanordnung anstelle der  
20 Spannungszuführungsschaltung 151 Verwendung finden.

Außerdem kann auch eine Schaltungsanordnung unter Verwendung der in Fig. 6 oder 7 dargestellten Filtereinheit 210 eingesetzt werden, die durch Integration der  
25 Strom/Spannungs-Umsetzereinheit 170 und der Frequenzfiltereinheit 180 gemäß Fig. 5 gebildet ist. Eine über einem gewünschten Frequenzband liegende Frequenzkomponente wird von der Filtereinheit 210 unterdrückt.

30

Im einzelnen besteht die Filtereinheit 210 aus einem Operationsverstärker A3, einem Widerstand R3 und einem Kondensator C5. Ein modulierte Eingangsstromsignal wird vom Widerstand R3 in eine Spannung umgesetzt und  
35 entsprechend der vom Produkt des Kapazitätswertes des

Kondensators C5 und des Widerstandswertes des Widerstands R3 bestimmten Zeitkonstanten zur Berechnung eines zeitlichen Mittelwertes integriert. Durch diesen Vorgang wird eine über einem gewünschten Frequenzband liegende Frequenzkomponente unterdrückt.

Nachstehend wird näher auf die Arbeitsweise der Vorrichtung gemäß diesem Ausführungsbeispiel eingegangen.

Der Oszillator 100 versetzt ein synchronisierendes Signal mit der Frequenz  $f_0$  von z.B. ungefähr 10 MHz in Schwingungen und führt das Synchronsignal der Treibersignal-Ausgabeschaltung 110 und der Spannungszuführungseinheit 150 zu. Auf der Basis des vom Oszillator 100 abgegebenen Synchronsignals führt die Treibersignal-Ausgabeschaltung 110 dem als Lichtquelle dienenden Halbleiter-Laser 120 einen mit der Frequenz  $f_0$  modulierten Treiberstrom zu, während die Spannungszuführungseinheit 150 der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 ein mit der Frequenz  $f_0$  modulierte Spannungssignal zuführt.

Die zwischen dem Oszillator 100 und der Spannungszuführungseinheit 150 angeordnete Phaseneinstellschaltung 190 verzögert die Synchronsignalabgabe vom Oszillator 100 zu der Spannungszuführungseinheit 150, wodurch die Modulationsphase der Treibersignaleingabe zum Halbleiter-Laser 120 und die Modulationsphase des der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 zugeführten Wechselspannungssignals eingestellt werden.

Der Halbleiter-Laser 120 gibt einen auf der Basis des von der Treibersignal-Ausgabeschaltung 110 erhaltenen modulierten Treibersignals mit der Frequenz  $f_0$

- intensitätsmodulierten Lichtstrahl ab, mit dem das Objekt 130, wie z.B. eine optische Scheibe oder Platte, über das von einer Linse, einem Objektiv oder dergleichen gebildete optische System 140 beaufschlagt wird. Dieses
- 5 Bestrahlungslicht wird vom Objekt 130 reflektiert, gestreut oder gebeugt, wobei ein Teil dieses Lichts vom optischen System 140 gebündelt und zum Halbleiter-Laser 120 zurückgeführt wird. Da der Halbleiter-Laser 120 bei einem externen einfallenden Lichtstrahl eine optische
- 10 Verstärkungsfunktion aufweist, ändert sich die Intensität des vom Halbleiter-Laser 120 abgegebenen Emissionslichts auf Grund des vom Objekt 130 rückgeführten bzw. rückgekoppelten Rücklichtstrahls.
- 15 Das von der Treibersignal-Ausgabeschaltung 110 dem Halbleiter-Laser 120 zugeführte Treibersignal, d.h., der Treiberstrom, ist vorzugsweise auf einen Durchlassstromwert eingestellt, der ein wenig geringer als ein
- 20 Schwellenstromwert  $I_{th}$  des Halbleiter-Lasers 120 ist. Bei einer solchen Ansteuerung führt der Halbleiter-Laser 120 eine Vielmoden-Oszillation aus, bei der im wesentlichen eine spontane Emissionslichtkomponente abgegeben wird. Es wird ein Betriebszustand aufrecht erhalten, bei dem eine spezifische Mode nicht übermäßig hervorgehoben wird, sodass
- 25 das auf Grund des Rücklichtstrahls erzeugte Rauschen minimal gehalten wird.

- Die hinter dem Halbleiter-Laser 120 angeordnete fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 erhält das vom
- 30 Halbleiter-Laser 120 emittierte Rückwärtsemissionslicht, dessen Intensität sich in Abhängigkeit von dem vom angemessenen Zielobjekt abgegebenen Rücklichtstrahl verändert. Gleichzeitig wird der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 das Spannungsausgangssignal
- 35 der Spannungszuführungseinheit 150 zugeführt. Das von der

Spannungszuführungseinheit 150 an die fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 angelegte Spannungssignal ist ein symmetrisches positives/negatives Wechselspannungssignal, das mit der Frequenz  $f_0$  moduliert ist. Die Amplitude beträgt z.B.  $\pm 0,3$  bis 20 V, wobei der zeitliche Mittelwert annähernd 0 V ist.

Die fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 führt mit Hilfe der zugeführten Spannung eine Intensitätsmodulation des beim Empfang des Rückwärtsemissionslichtes vom Halbleiter-Laser 120 erzeugten fotoelektrischen Stroms durch, berechnet das Produkt des erhaltenen Emissionslichtsignals vom Halbleiter-Laser 120 und des zugeführten modulierten Spannungssignals und erfasst synchron das Rückwärtsemissionslicht vom Halbleiter-Laser 120 mit der Frequenz  $f_0$ . Wenn das Emissionslicht vom Halbleiter-Laser 120 von der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 synchron erfasst wird, wird der durch die fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 fließende fotoelektrische Strom zu einem modulierten Stromsignal mit einer niederfrequenten Komponente, deren Wert dem Produktwert der Modulationsfrequenzkomponente des Emissionslichts von der Lichtquelle und der Modulationsfrequenzkomponente des modulierten Spannungssignals entspricht. Gleichzeitig werden andere Frequenzkomponenten als die synchrone Abtastfrequenz  $f_0$  gedämpft.

Die Strom/Spannungs-Umsetzereinheit 170 setzt das durch die fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 fließende modulierte Stromsignal in ein Spannungssignal um und führt dieses Spannungssignal der Frequenzfiltereinheit 180 zu. Die Frequenzfiltereinheit 180 extrahiert die niederfrequente Komponente des Spannungssignals und gibt



die niederfrequente Komponente als Ausgangssignal dieses Ausführungsbeispiels der Fotodetektorvorrichtung ab.

Hierbei regelt die mit der fotoleitfähigen  
5 Lichtempfangseinrichtung 160 verbundene  
Vorspannungsregeleinheit 200 die Betriebsvorspannung der  
fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 und  
kompensiert auf diese Weise die Eingangsoffsetspannung der  
Strom/Spannungs-Umsetzereinheit 170, die von einer  
10 geringfügigen Unsymmetrie im Betrieb der fotoleitfähigen  
Lichtempfangseinrichtung 160 verursacht wird. Eine vom  
Dunkelstrom der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung  
160 oder dem Verzerrungslicht bzw. Störlicht vom  
Halbleiter-Laser 120 erzeugte Gleichstrom-Signalkomponente  
15 wird von der Strom/Spannungs-Umsetzereinheit 170 und der  
Frequenzfiltereinheit 180 abgeflacht, sodass ihr  
Durchschnittswert zu 0 wird. Somit wird keine Gleichstrom-  
Signalkomponente von der Frequenzfiltereinheit 180  
abgegeben.

20

Wie vorstehend beschrieben, wird bei diesem  
Ausführungsbeispiel der Fotodetektorvorrichtung das vom  
Halbleiter-Laser 120 abgegebene rückwärtige Emissionslicht,  
dessen Intensität sich in Abhängigkeit von dem vom Objekt  
25 130 zurückgeführten Lichtstrahl ändert, synchron von der  
fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 erfasst. Bei  
dieser Betriebsweise werden andere Frequenzkomponenten als  
die synchrone Abtastfrequenz  $f_0$  gedämpft. Gleichzeitig wird  
die vom Dunkelstrom der fotoleitfähigen  
30 Lichtempfangseinrichtung 160 oder dem vom Halbleiter-Laser  
120 abgegebenen Verzerrungslicht bzw. Störlicht erzeugte  
Gleichstrom-Signalkomponente von der Strom/Spannungs-  
Umsetzereinheit 170 und der Frequenzfiltereinheit 180  
abgeflacht, sodass ihr Mittelwert zu 0 wird. Aus diesem  
35 Grund lässt sich das Rauschen im Niederfrequenzband oder

das auf dem vom Halbleiter-Laser 120 erzeugten Störlicht beruhende Rauschen weitgehend reduzieren, sodass allein die auf Grund des vom Objekt 130 einfallenden Rücklichtstrahls erzeugte Signalkomponente mit einem hohen Störabstand (S/N-Verhältnis) erfasst werden kann.

Wenn als fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 der MSM-Fotodetektor 161 Verwendung findet, mit dessen Hilfe ein Hochgeschwindigkeits-Ansprechverhalten erzielbar ist, kann eine Hochgeschwindigkeitsmodulation durchgeführt werden. Auf diese Weise kann ein hochfrequentes Ansprechverhalten realisiert werden.

Die vorstehende Beschreibung ist in der Annahme erfolgt, dass die zeitliche Verzögerung des vom Objekt 130 zum Halbleiter-Laser 120 rückgekoppelten Rücklichtstrahls, d.h., die Phasenverzögerung in Bezug auf die Modulationsphase des Halbleiter-Lasers 120 bzw. die Modulationsphase der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160, vernachlässigbar ist. Genauer gesagt wird hierbei davon ausgegangen, dass die Phasendifferenz innerhalb  $\pm 90^\circ$  liegt. Wenn somit die Modulationsfrequenz hoch und der Objektabstand zwischen der Emissionsendfläche des Halbleiter-Lasers 120 und dem Objekt 130 groß sind, kann die Zeitverzögerung des Rücklichtstrahls, d.h., die Phasenverzögerung, nicht mehr vernachlässigt werden, sodass der Rückkopplungseffekt des Halbleiter-Lasers 120 nicht mehr effektiv ausgenutzt werden kann. Wenn z.B. die Phasenverschiebungen zu einer Phasendifferenz von  $180^\circ$  führen, geht die Empfindlichkeit der Vorrichtung gegen 0 oder nimmt einen Minimalwert an.

Unter der Voraussetzung, dass die Phasenverzögerung des Rücklichtstrahls nicht vernachlässigt werden kann, wird nachstehend unter Bezugnahme auf die Fig. 9 bis 11 näher

auf die Beziehung zwischen dem Objektabstand und der Empfindlichkeit der Vorrichtung eingegangen.

- Fig. 9 ist ein Blockschaltbild, in dem die Anordnung dieses Ausführungsbeispiels der Vorrichtung schematisch dargestellt ist. Fig. 10 ist eine grafische Darstellung, die die Beziehung zwischen einem Objektabstand  $L$  von der Emissionsendfläche des Halbleiter-Lasers zum anzumessenden Objekt und der Empfindlichkeit der Vorrichtung zeigt, die sich ergibt, wenn das vom Halbleiter-Laser abgegebene und mit der Frequenz  $f_0$  modulierte Emissionslichtsignal ein Sinussignal ist. Fig. 11 ist eine grafische Darstellung, die die Beziehung zwischen dem Objektabstand  $L$  von der Emissionsendfläche des Halbleiter-Lasers zum Objekt und der Empfindlichkeit der Vorrichtung zeigt, die sich ergibt, wenn das vom Halbleiter-Laser abgegebene und mit der Frequenz  $f_0$  modulierte Emissionslichtsignal ein Rechtecksignal ist.
- Wie in Fig. 9 veranschaulicht ist, entspricht diese Vorrichtung grundsätzlich dem in Fig. 1 dargestellten ersten Ausführungsbeispiel. Im einzelnen umfasst diese Vorrichtung den (in Fig. 9 nicht dargestellten) Oszillator zum Oszillieren eines synchronisierenden Signals mit der vorgegebenen Frequenz  $f_0$ , die Treibersignal-Ausgabeschaltung 110 zur Ausgabe eines auf der Basis des vom Oszillator abgegebenen Synchronsignals mit der Frequenz  $f_0$  modulierten Treibersignals, den Halbleiter-Laser 120, der das von der Treibersignal-Ausgabeschaltung 110 abgegebene modulierte Treibersignal zur Abgabe eines mit der Frequenz  $f_0$  intensitätsmodulierten Lichtstrahls erhält und außerdem als Lichtquelle mit einer optischen Verstärkungsfunktion durch einen externen einfallenden Lichtstrahl dient, ein optisches System 141, das den vom Halbleiter-Laser 120 emittierten Lichtstrahl auf das Objekt

130 richtet und den vom Messobjekt 130 zurückkehrenden Lichtstrahl auf den Halbleiter-Laser 120 rückkoppelt, die (in Fig. 9 nicht dargestellte) Spannungszuführungseinheit zur Abgabe eines modulierten Spannungssignals mit der

5 Frequenz  $f_0$  auf der Basis des vom Oszillator abgegebenen Synchronsignals, die fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160, die hinter dem Halbleiter-Laser 120 zum Empfang des vom Halbleiter-Laser 120 abgegebenen Rückwärtsemissionslichts angeordnet ist und den

10 vom Halbleiter-Laser 120 abgegebenen Lichtstrahl bei Zuführung des von der Spannungszuführungseinheit abgegebenen modulierten Spannungssignals synchron mit der Frequenz  $f_0$  erfasst, die (in Fig. 9 nicht dargestellte) Strom/Spannungs-Umsetzereinheit zum Umsetzen des durch die

15 fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 fließenden modulierten Stromsignals in ein Spannungssignal und Ausgabe dieses Spannungssignals, sowie die (in Fig. 9 nicht dargestellte) Frequenzfiltereinheit zum Extrahieren und Ausgeben der niederfrequenten Komponente des von der

20 Strom/Spannungs-Umsetzereinheit abgegebenen Spannungssignals.

Bei dieser Vorrichtung wird jedoch das vom Halbleiter-Laser 120 in Vorwärtsrichtung abgegebene Emissionslicht über das

25 optische System 141 weitgehend kollimiert. Dieser kollimierte Lichtstrahl wird auf das Objekt 130 gerichtet, das sich in einer Position befindet, die von der Emissionsendfläche des Halbleiter-Lasers 120 durch den Objektabstand  $L$  getrennt ist.

30 Wie in den Fig. 10 und 11 dargestellt ist, erreicht die Empfindlichkeit der Vorrichtung unabhängig von dem vom Halbleiter-Laser 120 abgegebenen und mit der Frequenz  $f_0$  modulierten Emissionslichtsignal in Form entweder eines

35 Sinussignals oder eines Rechtecksignals einen Maximalwert,

wenn die Objektentfernung L von der Emissionsendfläche des Halbleiter-Lasers 120 zum Objekt 130 ein ganzzahliges Vielfaches von  $C/2f_0$  ist, wobei C die Lichtgeschwindigkeit bezeichnet.

5

Wenn somit die Phasenverzögerung des Rücklichtstrahls nicht vernachlässigt werden kann, wird die Modulationsfrequenz  $f_0$  vorzugsweise derart eingestellt, dass sie die Gleichung

$$f_0 = N \cdot C/2L$$

erfüllt oder annähernd erfüllt, wobei

N eine positive ganze Zahl ist.

15

Wenn z.B. die Objektentfernung L 15 cm beträgt, wird die Modulationsfrequenz  $f_0$  zur Maximierung der Empfindlichkeit des Gerätes annähernd auf ein ganzzahliges Vielfaches von 1 GHz eingestellt.

20

Wenn dagegen die Beziehung zwischen der Modulationsfrequenz  $f_0$  und der Objektentfernung L zur Einstellung der Objektentfernung L verwendet wird, kann der Messbereich begrenzt werden. So nimmt z.B. bei der Modulationsfrequenz

25

$f_0$  von 1 GHz die Empfindlichkeit der Vorrichtung einen Maximalwert an, wenn die Objektentfernung L ein ganzzahliges Vielfaches von 15 cm beträgt. Durch entsprechende Anordnung der Vorrichtung derart, dass das Objekt 130 genau in diesem Bereich liegt, kann der Einfluss eines außerhalb dieses Bereiches vorhandenen Hindernisses minimal gehalten und die auf Grund des vom anvisierten Messobjekt 130 abgegebenen Rücklichtstrahls erzeugte Signalkomponente mit einem hohen Störabstand (S/N-Verhältnis) erfasst werden.

35

Bei diesem Ausführungsbeispiel findet der Halbleiter-Laser 120 als Lichtquelle Verwendung. Die Lichtquelle ist jedoch nicht auf die Verwendung eines Halbleiter-Lasers beschränkt, solange sie die Intensität eines

5 Emissionslichtstrahls in Übereinstimmung mit einem externen Signal mit einer vorgegebenen Frequenz modulieren kann und durch einen externen Lichtstrahl eine optische Verstärkungsfunktion aufweist. So kann auch eine Superlumineszenzdiode (nachstehend verkürzt als "SLD" bzw.

10 als SL-Diode bezeichnet) mit einem ähnlichen Aufbau wie der Halbleiter-Laser als Lichtquelle Verwendung finden. Zum Beispiel steht die SL-Diode SLD L3302 (Ausgangsleistung: 1,5 mW, Spitzen-Lumineszenzwellenlänge: 850 nm, halbe Spektralbandbreite: 10 nm, Kohärenzlänge: 40 - 50  $\mu$ m) von

15 HAMAMATSU PHOTONICS K.K. zur Verfügung.

Eine SL-Diode wird nachstehend unter Bezugnahme auf die Fig. 12 bis 17 näher beschrieben.

20 Die Fig. 12 und 13 zeigen den typischen Aufbau einer SL-Diode, wobei Fig. 12 eine Schnittansicht ist, die einen senkrecht zur Hohlraum- bzw. Resonatorrichtung der SL-Diode verlaufenden Schnitt zeigt, während Fig. 13 eine perspektivische Ansicht der SL-Diode ist. Fig. 14 ist eine

25 grafische Darstellung des Emissionsspektrums der SL-Diode. Die Fig. 15 bis 17 veranschaulichen jeweils einen Aufbau zur Verringerung des Reflexionsvermögens auf der Lichtemissionsseite der SL-Diode.

30 Gemäß Fig. 12 umfasst die SL-Diode eine erste Elektrode 300, eine auf der ersten Elektrode 300 ausgebildete Deckschicht 310, eine auf der Deckschicht 310 ausgebildete erste Mantelschicht 320, eine auf der ersten Mantelschicht 320 ausgebildete aktive Schicht 330, deren

35 Energiebandabstand kleiner als derjenige der ersten

Mantelschicht 320 ist, eine als Streifensteg auf der aktiven Schicht 330 ausgebildete zweite Mantelschicht 340, deren Energiebandabstand größer als derjenige der aktiven Schicht 330 ist, eine an den Seitenflächen des

5 Streifenstegs und auf der Bodenfläche der zweiten Mantelschicht 340 ausgebildete Stromsperrschicht 350, eine auf der Oberfläche des Streifenstegs der zweiten Mantelschicht 340 und auf der Stromsperrschicht 350 ausgebildete GaAs-Pufferschicht 360, ein auf der GaAs-

10 Pufferschicht 360 ausgebildetes GaAs-Substrat 370 sowie eine auf dem GaAs-Substrat 370 ausgebildete zweite Elektrode 380.

Es wird eine doppelte Heterostruktur gebildet, sodass die

15 aktive Schicht 330 zwischen der ersten Mantelschicht 320 und der zweiten Mantelschicht 340 eingeschlossen ist. Die beiden Seitenbereiche des Streifenstegs der zweiten Mantelschicht 340 werden von der Stromsperrschicht 350 überdeckt und bilden auf diese Weise eine unterteilte

20 Wellenleiterstruktur.

Wie in Fig. 13 veranschaulicht ist, beträgt die Hohlraum- bzw. Resonatorlänge der SL-Diode z.B. 250  $\mu\text{m}$ . Eine Endfläche (vordere Endfläche) ist mit einer

25 reflexionsmindernden Schicht 390 beschichtet, während die andere Endfläche (hintere Endfläche) mit einer reflektierenden Schicht 400 beschichtet ist, die ein Reflexionsvermögen von z.B. ungefähr 50 % aufweist. Die von einer dicken gestrichelten Linie dargestellte Richtung

30 eines optischen Hohl- oder Wellenleiters ist in Bezug auf die durch eine strichpunktierte Linie dargestellte Hohlraumrichtung um einen Winkel von z.B. ungefähr  $3^\circ$  geneigt. Somit wird eine sogenannte schräge optische Hohl- oder Wellenleiterstruktur gebildet.

Die SL-Diode ist ein lichtemittierendes Element, das grundsätzlich die gleiche Elektrodenstruktur wie ein Halbleiter-Laser aufweist. Die SL-Diode unterscheidet sich jedoch vom Halbleiter-Laser dahingehend, dass die vordere  
5 Lichtemissionsendfläche mit der reflexionsmindernden Schicht 390 beschichtet ist und dass die schräge optische Wellenleiterstruktur verwendet wird um zu verhindern, dass der von der Lichtemissionsendfläche reflektierte Lichtstrahl zum optischen Wellenleiter zurückgeführt wird.  
10 Auf Grund dieser charakteristischen Eigenschaften der SL-Diode wird die auf Resonanz beruhende Laserfunktion des Elements ungeachtet der gleichen Elektrodenstruktur wie bei dem Halbleiter-Laser unterdrückt. Wie die grafische Darstellung des Emissionsspektrums gemäß Fig. 14 zeigt,  
15 lässt sich somit ein kontinuierliches Ausgangsspektrum auf Grund spontaner Lichtemission ohne hervortretende Schwingungsmoden erhalten. Die Halbwertsbreite des Emissionsspektrums der SL-Diode beträgt bei einer Wellenlänge von 850 nm normalerweise ungefähr 20 nm,  
20 während die Kohärenzlänge ungefähr 35  $\mu\text{m}$  beträgt, wobei sich beide Werte offensichtlich von denjenigen eines Halbleiter-Lasers unterscheiden.

Die Fig. 15 bis 17 zeigen Strukturen zur Verringerung des Reflexionsvermögens auf der Lichtemissionsseite der SL-Diode.  
25

Bei der Anordnung gemäß Fig. 15 stimmt die Richtung eines optischen Hohl- oder Wellenleiters 410 mit der  
30 Hohlraumrichtung wie bei einem Halbleiter-Laser überein. Obwohl die hintere Endfläche mit der reflektierenden Schicht 400 mit einem Reflexionsvermögen von ungefähr 50 % beschichtet ist, ist die Lichtemissionsendfläche auf der Vorderseite mit der genau gesteuerten reflexmindernden



Schicht 390 beschichtet, wodurch das Reflexionsvermögen auf der Lichtemissionsseite verringert wird.

Bei der Anordnung gemäß Fig. 16 ist die  
5 Lichtemissionsendfläche mit der reflexionsmindernden Schicht 390 beschichtet, wobei eine schräge optische Wellenleiterstruktur Verwendung findet, bei der ein optischer Hohl- oder Wellenleiter 411 um einen Winkel von ungefähr  $3^\circ$  bis  $10^\circ$  in Bezug auf die Hohlraumrichtung  
10 geneigt ist, wie dies vorstehend bereits im einzelnen unter Bezugnahme auf die Fig. 12 und 13 beschrieben ist. Durch einen solchen Aufbau wird verhindert, dass der von der Lichtemissionsendfläche reflektierte Lichtstrahl zum optischen Wellenleiter 411 zurückgeführt wird, wodurch das  
15 Reflexionsvermögen auf der Lichtemissionsseite verringert wird.

Gemäß Fig. 17 ist die Lichtemissionsendfläche mit der reflexionsmindernden Schicht 390 beschichtet, wobei eine  
20 Struktur Verwendung findet, bei der ein optischer Hohl- oder Wellenleiter 412 verwendet wird, der im Zwischenraum endet und die Lichtemissionsendfläche nicht erreicht. Durch diesen Aufbau wird verhindert, dass der von der Lichtemissionsendfläche reflektierte Lichtstrahl zum  
25 optischen Wellenleiter 412 zurückgeführt wird, wodurch das Reflexionsvermögen auf der Lichtemissionsseite verringert wird.

Wie vorstehend beschrieben, weist die SL-Diode eine  
30 Charakteristik auf, bei der sich ihre Ausgangsleistung auf Grund des zurückkehrenden bzw. zurückgeführten Lichtstrahls wie bei einem Halbleiter-Laser verändert, sodass die SL-Diode als Lichtquelle für dieses Ausführungsbeispiel der Vorrichtung verwendbar ist. Außerdem ist die SL-Diode  
35 dadurch gekennzeichnet, dass das auf Grund des

zurückgeführten Lichtstrahls erzeugte Rauschen so gering ist, dass es nur ungefähr 1/100 des Rauschens bei einem Halbleiter-Laser beträgt. Aus diesem Grund ist die SL-Diode geeignet, wenn der vom angemessenen Zielobjekt reflektierte oder gestreute Rücklichtstrahl schwach ist oder wenn eine  
5 geringe Änderung des Rücklichtstrahls zu messen ist.

Bei diesem Ausführungsbeispiel ist die fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 vorzugsweise ein integraler  
10 Bestandteil der Anordnung des Halbleiter-Lasers 120 oder der SL-Diode. Durch diese Maßnahme lassen sich die Abmessungen der Vorrichtung bei diesem Ausführungsbeispiel verringern.

#### 15 Zweites Ausführungsbeispiel

Fig. 18 zeigt ein Blockschaltbild der Anordnung einer optischen Rückkopplungs-Fotodetektorvorrichtung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Dieses  
20 Ausführungsbeispiel der Vorrichtung wird bei einem optischen Abtastgerät verwendet, das wie im Falle des ersten Ausführungsbeispiels zum Lesezugriff auf z.B. eine optische Scheibe oder Platte dient. Diese Vorrichtung ist zweckmäßig, wenn aus gewissen Gründen kein rückwärts  
25 gerichtetes Emissionslicht von einem als Lichtquelle dienenden Halbleiter-Laser erhalten werden kann.

Wie Fig. 18 zu entnehmen ist, unterscheidet sich die Anordnung bei diesem Ausführungsbeispiel der Vorrichtung  
30 von derjenigen des ersten Ausführungsbeispiels dahingehend, dass anstelle des vor dem als Lichtquelle dienenden Halbleiter-Laser 120 angeordneten optischen Systems 140 und der hinter dem Halbleiter-Laser 120 angeordneten fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 vorgesehen  
35 sind: ein vor einem Halbleiter-Laser 120 angeordnetes

optisches System 142, eine im optischen System 142 zur  
Teilung eines vom Halbleiter-Laser 120 in Vorwärtsrichtung  
abgegebenen Emissionslichtstrahls angeordnete  
Strahlenteilereinrichtung 500, ein optisches System 510 zur  
5 Bündelung des vom Halbleiter-Laser 120 abgegebenen und von  
der Strahlenteilereinrichtung 500 geteilten Lichtstrahls,  
eine Nadellochplatte 520, durch die der vom Halbleiter-  
Laser 120 abgegebene und vom optischen System 510  
gebündelte Lichtstrahl hindurchgeführt wird, und eine den  
10 vom Halbleiter-Laser 120 abgegebenen und durch die  
Nadellochplatte 520 hindurchtretenden Lichtstrahl  
aufnehmende fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160,  
die bei Zuführung eines von einer  
Spannungszuführungseinheit 150 abgegebenen modulierten  
15 Spannungssignals den vom Halbleiter-Laser 120 abgegebenen  
Lichtstrahl mit einer Frequenz  $f_0$  synchron erfasst.

Nachstehend wird näher auf die Arbeitsweise dieses  
Ausführungsbeispiels der Vorrichtung eingegangen.

20

Wie beim ersten Ausführungsbeispiel versetzt ein Oszillator  
100 ein Synchronsignal mit der Frequenz  $f_0$  von z.B.  
ungefähr 10 MHz in Schwingungen und führt dieses  
Synchronsignal einer Treibersignal-Ausgabeschaltung 110 und  
25 der Spannungszuführungseinheit 150 zu. Auf der Basis dieses  
Synchronsignals gibt die Treibersignal-Ausgabeschaltung 110  
einen modulierten Treiberstrom mit der Frequenz  $f_0$  an den  
Halbleiter-Laser 120 ab, während die  
Spannungszuführungseinheit 150 der fotoleitfähigen  
30 Lichtempfangseinrichtung 160 ein modulierte  
Spannungssignal mit der Frequenz  $f_0$  zuführt. Hierbei  
verzögert eine Phaseneinstellschaltung 190 die  
Synchronsignalabgabe vom Oszillator 100 an die  
Spannungszuführungseinheit 150, wodurch die  
35 Modulationsphase des dem Halbleiter-Laser 120 zugeführten

Treibersignals und die Modulationsphase des der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 zugeführten Wechselspannungssignals eingestellt wird.

- 5 Der Halbleiter-Laser 120 gibt auf der Basis des modulierten Treibersignals von der Treibersignal-Ausgabeschaltung 110 einen mit der Frequenz  $f_0$  intensitätsmodulierten Lichtstrahl ab, der über das optische System 142 auf das angemessene Zielobjekt 130 gerichtet wird. Dieser
- 10 Lichtstrahl wird vom angemessenen Zielobjekt 130 reflektiert, gestreut oder gebeugt, wobei ein Teil des Lichtstrahls vom optischen System 142 gebündelt und zum Halbleiter-Laser 120 zurückgeführt wird. Da der Halbleiter-Laser 120 durch den einfallenden externen Lichtstrahl eine
- 15 optische Verstärkungsfunktion zeigt, ändert sich die Intensität des vom Halbleiter-Laser 120 abgegebenen Lichtstrahls auf Grund des vom anzumessenden Objekt 130 zurückgeführten Rücklichtstrahls.
- 20 Das vom Halbleiter-Laser 120 in Vorwärtsrichtung abgegebene Emissionslicht, dessen Intensität sich in Abhängigkeit von dem vom Objekt 130 zugeführten Rücklichtstrahl ändert, wird von der in dem vor dem Halbleiter-Laser 120 angeordneten optischen System 142 befindlichen Strahlteilereinrichtung
- 25 500 geteilt, vom optischen System 510 gebündelt, durch die Nadellochplatte 520 hindurchgeführt und von der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 aufgenommen. Gleichzeitig wird das von der Spannungszuführungseinheit 150 abgegebene modulierte Spannungssignal an die
- 30 fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 angelegt.

Die fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 führt in Abhängigkeit von der anliegenden Spannung eine Intensitätsmodulation eines fotoelektrischen Stroms durch,

35 der auf Grund des vom Halbleiter-Laser 120 in

Vorwärtsrichtung abgegebenen und über die Strahlenteilereinrichtung 500, das optische System 510 und die Nadellochanlage 520 aufgenommenen Emissionslichtstrahls erzeugt wird, berechnet das Produkt des aufgenommenen Emissionslichtsignals vom Halbleiter-Laser 120 und des anliegenden modulierten Spannungssignals und erfasst synchron den Emissionslichtstrahl vom Halbleiter-Laser 120 mit der Frequenz  $f_0$ . Durch diese synchrone Erfassung wird der durch die fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 fließende fotoelektrische Strom zu einem modulierten Stromsignal mit einer niederfrequenten Komponente deren Wert dem Produktwert der Modulationsfrequenzkomponente des Emissionslichts von der Lichtquelle und der Modulationsfrequenzkomponente des modulierten Spannungssignals entspricht. Gleichzeitig werden andere Frequenzkomponenten als die Synchronfrequenz  $f_0$  gedämpft.

Eine Strom/Spannungs-Umsetzereinheit 170 setzt das von der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 abgegebene modulierte Stromsignal in ein Spannungssignal um und führt dieses Spannungssignal einer Frequenzfiltereinheit 180 zu. Die Frequenzfiltereinheit 180 extrahiert die niederfrequente Komponente des Spannungssignals und gibt diese niederfrequente Komponente als Ausgangssignal der Vorrichtung gemäß diesem Ausführungsbeispiel ab. Hierbei regelt eine mit der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 verbundene Vorspannungsregeleinheit 200 die Betriebsvorspannung der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 und kompensiert damit die von einer geringfügigen Unsymmetrie im Betrieb der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 verursachte Eingangsoffsetspannung der Strom/Spannungs-Umsetzereinheit 170. Eine vom Dunkelstrom der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 oder dem Verzerrungslicht bzw. Störlicht vom Halbleiter-Laser 120

erzeugte Gleichstrom-Signalkomponente wird von der Strom/Spannungs-Umsetzereinheit 170 und der Frequenzfiltereinheit 180 abgeflacht bzw. unterdrückt, sodass ihr Mittelwert zu 0 wird. Dementsprechend wird von  
5 der Frequenzfiltereinheit 180 eine Gleichstrom-Signalkomponente abgegeben.

Wie vorstehend beschrieben, kann dieses Ausführungsbeispiel der Vorrichtung auch dann Verwendung finden, wenn kein  
10 rückwärts gerichtetes Emissionslicht vom Halbleiter-Laser erhalten werden kann. Da jedoch die Strahlenteilereinrichtung 50, das optische System 510 und die Nadellochplatte 520 vorgesehen sind und die Aufnahme des Emissionslichtstrahls vom Halbleiter-Laser 120 durch  
15 die fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 über diese Elemente erfolgt, wird das optische System anders als beim ersten Ausführungsbeispiel der Vorrichtung entsprechend komplex. Dies führt zu einem leichten Anstieg von Verlusten entlang des optischen Strahlengangs sowie zu einer leichten  
20 Verringerung der Empfindlichkeit. Mit Ausnahme dieser Nachteile kann jedoch die gleiche Wirkung wie im Falle des ersten Ausführungsbeispiels erzielt werden.

Die Nadellochplatte 520 dient zur Begrenzung des Mess- oder  
25 Erfassungsbereichs, sodass sie nicht erforderlich ist, wenn ein Signal von einem größeren Bereich erfasst werden soll.

Wie in Verbindung mit dem ersten Ausführungsbeispiel bereits beschrieben, kann auch eine SL-Diode anstelle des  
30 Halbleiter-Lasers 120 verwendet werden. In diesem Falle wird das auf Grund des Rücklichtstrahls erzeugte Rauschen so klein wie ungefähr 1/100 des bei Verwendung des Halbleiter-Lasers auftretenden Rauschens. Diese Anordnung ist daher zweckmäßig, wenn der vom Objekt 130 reflektierte  
35 oder gestreute Rücklichtstrahl schwach ist oder wenn

geringe Änderungen des Rücklichtstrahls gemessen werden sollen.

### Drittes Ausführungsbeispiel

5

Fig. 19 zeigt ein Blockschaltbild der Anordnung einer optischen Rückkopplungs-Fotodetektorvorrichtung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die Vorrichtung gemäß diesem Ausführungsbeispiel eignet sich z.B. für ein  
10 confokales Laserabtastmikroskop.

Wie Fig. 19 zu entnehmen ist, umfasst dieses Ausführungsbeispiel der Vorrichtung (a) einen Oszillator 100 zum Oszillieren eines Synchronsignals mit einer  
15 vorgegebenen Frequenz  $f_0$ , (b) eine Treibersignal-Ausgabeschaltung 110 zur Ausgabe eines auf der Basis des vom Oszillator 100 abgegebenen Synchronsignals mit der Frequenz  $f_0$  modulierten Treibersignals, (c) einen  
20 Halbleiter-Laser 120, der das von der Treibersignal-Ausgabeschaltung 110 abgegebene modulierte Treibersignal zur Emission eines mit der Frequenz  $f_0$  intensitätsmodulierten Lichtstrahls erhält und durch einen einfallenden externen Lichtstrahl eine optische  
Verstärkungsfunktion zeigt, (d) ein confokales optisches  
25 System 143, das den vom Halbleiter-Laser 120 abgegebenen Lichtstrahl bündelt, auf ein anzumessendes vorgegebenes Objekt 131 richtet und den vom Objekt 131 reflektierten Lichtstrahl zum Halbleiter-Laser 120 zurückführt, (e) eine Spannungszuführungseinheit 150 zur Ausgabe eines auf der  
30 Basis des vom Oszillator 100 abgegebenen Synchronsignals mit der Frequenz  $f_0$  modulierten Spannungssignals, (f) eine fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160, die hinter dem Halbleiter-Laser 120 zur Aufnahme von rückwärts gerichtetem Emissionslicht des Halbleiter-Lasers 120 angeordnet ist und  
35 den Emissionslichtstrahl des Halbleiter-Lasers 120 bei

Anliegen des von der Spannungszuführungseinheit 150 abgegebenen modulierten Spannungssignals mit der Frequenz  $f_0$  synchron erfasst, (g) eine Strom/Spannungs-Umsetzereinheit 170 zur Umsetzung eines von der

5 fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 abgegebenen modulierten Stromsignals in ein Spannungssignal und Ausgabe dieses Spannungssignals, (h) eine Frequenzfiltereinheit 180, die die niederfrequente Komponente des von der Strom/Spannungs-Umsetzereinheit 170 abgegebenen

10 Spannungssignals extrahiert und ausgibt, (i) eine Analog-Digital-Umsetzereinheit 600 zur Analog-Digital-Umsetzung des Ausgangssignals der Frequenzfiltereinheit 180, (j) eine Strahlabtasteinheit 610, die in das confokale optische System integriert ist und den Emissionslichtstrahl in einer

15 senkrecht zur Ausbreitungsrichtung des vorwärts gerichteten Emissionslichts vom Halbleiter-Laser 120 gelegenen X-Y-Ebene zweidimensional abtastet, (k) eine Strahlabtastschaltung 620 zur Zuführung eines Abtastsignals zu der Strahlabtasteinheit 610, (l) eine

20 Bildverarbeitungseinheit 630 zur Aufnahme und Speicherung eines von der Analog-Digital-Umsetzereinheit 600 umgesetzten Ausgangssignals und eines von der Strahlabtastschaltung 620 abgegebenen und die zweidimensionale Abtastposition repräsentierenden

25 Positionssignals, (m) eine Bildanzeigeeinrichtung 640, die diese zweidimensionale Verteilung als Halbtonbild auf der Basis des Ausgangssignals und des Positionssignals darstellt, die in der Bildverarbeitungseinheit 630 gespeichert sind, und (n) eine Phaseneinstellschaltung 190,

30 die zwischen dem Oszillator 100 und der Spannungszuführungseinheit 150 angeordnet ist und die Modulationsphase des dem Halbleiter-Laser 120 zugeführten Treibersignals und die Modulationsphase des der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 zugeführten

35 Wechselspannungssignals einstellt.



Das confokale optische System 143 und die Strahlabtasteinheit 610 sind in Form separater Bauelemente angeordnet. Sie können jedoch auch als optisches  
5 Strahlabtastsystem in integrierter Bauweise ausgeführt werden.

Außerdem kann wie im Falle des ersten Ausführungsbeispiels eine mit der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160  
10 verbundene Vorspannungsregleinheit 200 zur Regelung der Betriebsvorspannung der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 vorgesehen sein. Die Schaltungsanordnung des Hauptteils der Vorrichtung, die in Verbindung mit dem ersten Ausführungsbeispiel unter  
15 Bezugnahme auf die Fig. 5 bis 7 vorstehend beschrieben ist, ist auch bei der Vorrichtung gemäß diesem Ausführungsbeispiel verwendbar.

Nachstehend wird näher auf die Arbeitsweise dieses  
20 Ausführungsbeispiels der Vorrichtung eingegangen.

Der Oszillator 100 versetzt ein Synchronsignal mit der Frequenz  $f_0$  von z.B. ungefähr 10 MHz in Schwingungen und führt dieses Synchronsignal der Treibersignal-  
25 Ausgabeschaltung 110 und der Spannungszuführungseinheit 150 zu. Auf der Basis der Synchronsignalabgabe vom Oszillator 100 führt die Treibersignal-Ausgabeschaltung 110 dem als Lichtquelle dienenden Halbleiter-Laser 120 einen mit der Frequenz  $f_0$  modulierten Treiberstrom zu, während die  
30 Spannungszuführungseinheit 150 der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 ein mit der Frequenz  $f_0$  moduliertes Spannungssignal zuführt. Die zwischen dem Oszillator 100 und der Spannungszuführungseinheit 150 angeordnete Phaseneinstellschaltung 190 verzögert die  
35 Synchronsignalabgabe vom Oszillator 100 zur

Spannungszuführungseinheit 150 und stellt dadurch die Modulationsphase des dem Halbleiter-Laser 120 zugeführten Treibersignals sowie die Modulationsphase des der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 zugeführten Wechsellspannungssignals ein.

Der Halbleiter-Laser 120 gibt einen auf der Basis des modulierten Treibersignals von der Treibersignal-Ausgabeschaltung 110 mit der Frequenz  $f_0$  intensitätsmodulierten Lichtstrahl zur Bestrahlung des vorgegebenen Messobjekts 131 über das von einer Linse bzw. einem Objektiv oder dergleichen gebildete confokale optische System 143 ab. Der Bestrahlungslichtstrahl wird vom angemessenen Zielobjekt 131 reflektiert und gestreut. Der reflektierte gestreute Lichtstrahl wird sodann vom confokalen optischen System 143 gebündelt und zum Halbleiter-Laser 120 zurückgeführt.

In diesem Falle ist ein bei einem üblichen confokalen Laserabtastmikroskop notwendiger optischer Isolator zur Unterdrückung des zurückkehrenden Lichtstrahls nicht erforderlich. Da der kleine Lichtemissionspunkt des Halbleiter-Lasers 120 als Nadelloch zum Empfang des Lichtstrahls dient, kann ein ideales confokales optisches System gebildet werden. Somit können die Vorteile des Laserrückkopplungsverfahrens dahingehend ausgenutzt werden, dass die Abbildungstiefe bzw. der Schärfentiefebereich klein eingestellt werden kann, um in Tiefenrichtung des angemessenen Zielobjekts 131 eine schnittweise, d.h. in dünnen Lagen oder Scheiben erfolgende Bilddarstellung zu erzielen. Ferner kann das optische System vereinfacht und die Einstellung des optischen Systems erleichtert werden.

Gleichzeitig wird der Strahlabtasteinheit 610 ein Abtastsignal von der Strahlabtastschaltung 620 zugeführt.

Auf der Basis dieses Abtastsignals tastet die in das confokale optische System 143 integrierte Strahlabtasteinheit 610 den Emissionslichtstrahl zweidimensional in der senkrecht zur Ausbreitungsrichtung des vom Halbleiter-Laser 120 in Vorwärtsrichtung  
5 abgegebenen Emissionslichtstrahls verlaufenden X-Y-Ebene ab.

Der vom anzumessenden Objekt 131 reflektierte und gestreute  
10 Lichtstrahl wird somit bei jeder Abtastposition in der X-Y-Ebene zum Halbleiter-Laser 120 zurückgeführt, der bei extern einfallendem Licht eine optische Verstärkungsfunktion aufweist. Die Intensität des vom Halbleiter-Laser 120 abgegebenen Emissionslichtstrahls  
15 ändert sich somit auf Grund dieses zurückkehrenden Lichtstrahls.

Die hinter dem Halbleiter-Laser 120 angeordnete fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 nimmt den vom  
20 Halbleiter-Laser 120 abgegebenen Rückwärts-Emissionslichtstrahl auf, dessen Intensität sich in Abhängigkeit von dem vom Objekt 131 zurückgeführten Lichtstrahl ändert, wobei gleichzeitig das von der Spannungszuführungseinheit 150 abgegebene modulierte  
25 Spannungssignal der fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 zugeführt wird. Die fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 führt sodann gemäß der anliegenden Spannung eine Intensitätsmodulation des bei Aufnahme des vom Halbleiter-Laser 120 abgegebenen  
30 Rückwärts-Emissionslichts erzeugten fotoelektrischen Stroms aus, berechnet das Produkt des erhaltenen Emissionslichtsignals vom Halbleiter-Laser 120 und des anliegenden modulierten Spannungssignals und erfasst synchron das Rückwärts-Emissionslicht vom Halbleiter-Laser  
35 120 mit der Frequenz  $f_0$ .

Da ein übliches confokales Laserabtastmikroskop eine Hochgeschwindigkeitsabtastung der X-Y-Ebene durchführt, ist eine Ansprechfrequenz von 10 MHz oder mehr zur Durchführung der Fotodetektion erforderlich. Eine synchrone Detektion mit einer derart hohen Frequenz ist beim Stand der Technik unmöglich. Wenn jedoch ein MSM Fotodetektor mit einer Ansprechfrequenz von 100 GHz oder mehr als fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 verwendet wird, lässt sich eine synchrone Detektion mit einer Frequenz von ungefähr 10 MHz leicht realisieren.

Auf diese Weise wird der vom Halbleiter-Laser 120 abgegebene Lichtstrahl von der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 synchron erfasst. Demzufolge wird der durch die fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 fließende fotoelektrische Strom zu einem modulierten Stromsignal mit einer niederfrequenten Komponente, deren Wert dem Produktwert der Modulationsfrequenzkomponente des von der Lichtquelle abgegebenen Lichtstrahls und der Modulationsfrequenzkomponente des modulierten Spannungssignals entspricht. Gleichzeitig werden andere Frequenzkomponenten als die synchrone Detektionsfrequenz  $f_0$  gedämpft.

Das durch die fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 fließende modulierte Stromsignal wird von der Strom/Spannungs-Umsetzereinheit 170 in ein Spannungssignal umgesetzt. Die niederfrequente Komponente dieses Spannungssignals wird von der Frequenzfiltereinheit 180 extrahiert. Das Ausgangssignal der Frequenzfiltereinheit 180 wird wiederum von der Analog-Digital-Umsetzereinheit 600 einer Analog-Digital-Umsetzung unterzogen. Die vom Dunkelstrom der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 oder dem vom Halbleiter-Laser 120 abgegebenen

Verzerrungslicht oder Störlicht erzeugte Gleichstrom-Signalkomponente wird von der Strom/Spannungs-Umsetzereinheit 170 und der Frequenzfiltereinheit 180 abgeflacht bzw. unterdrückt, sodass ihr Mittelwert zu 0 wird. Somit wird von der Frequenzfiltereinheit 180 keine Gleichstrom-Signalkomponente abgegeben.

Die Bildverarbeitungseinrichtung 630 erhält und speichert das von der Analog-Digital-Umsetzereinheit 600 einer Analog-Digital-Umsetzung unterzogene Ausgangssignal sowie das von der Strahlabtastschaltung 620 abgegebene und die zweidimensionale Position in der X-Y-Ebene repräsentierende Positionssignal. Auf der Basis des Ausgangssignals und des Positionssignals, die in der Bildverarbeitungseinrichtung 630 gespeichert sind, wird die zweidimensionale Verteilung in der X-Y-Ebene von der Bildanzeigeeinrichtung 640 sodann als Halbtonbild dargestellt.

Wie vorstehend beschrieben, ist bei diesem Ausführungsbeispiel der Vorrichtung kein optischer Isolator zur Unterdrückung des zurückkehrenden bzw. zurückgeführten Lichtstrahls erforderlich. Da der kleine Lichtemissionspunkt des Halbleiter-Lasers 120 als Nadelloch zur Aufnahme des Lichtstrahls dient, kann das ideale confokale optische System 143 gebildet werden. Die Vorteile des üblichen Laserrückkopplungsverfahrens lassen sich somit dahingehend ausnutzen, dass die Abbildungstiefe bzw. der Schärfentiefebereich klein eingestellt werden kann, um eine in Tiefenrichtung des Objekts 131 schnittweise, d.h., in dünnen Lagen bzw. Scheiben erfolgende Darstellung zu erzielen. Ferner kann das optische System vereinfacht und die Einstellung des optischen Systems erleichtert werden.

Wenn der vom Halbleiter-Laser 120 abgegebene Lichtstrahl, dessen Intensität sich entsprechend dem vom Objekt 131

zurückgeführten Lichtstrahl ändert, von der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 synchron erfasst wird, werden andere Frequenzkomponenten als die synchrone Detektionsfrequenz  $f_0$  gedämpft. Gleichzeitig wird die vom Dunkelstrom der fotoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung 160 oder dem vom Halbleiter-Laser 120 abgegebenen Verzerrungslicht oder Streulicht erzeugte Gleichstrom-Signalkomponente von der Strom/Spannungs-Umsetzereinheit 170 und der Frequenzfiltereinheit 180 abgeflacht bzw. unterdrückt, sodass ihr Durchschnittswert zu 0 wird. Aus diesem Grund lässt sich das bei dem üblichen Laserrückkopplungsverfahren nachteiligerweise auftretende Rückführungslicht-Rauschen weitgehend verringern. So kann z.B. bei Verwendung dieser Vorrichtung in Verbindung mit einem confokalen Laserabtastmikroskop die Darstellung eines hochpräzisen Bildes mit hoher Qualität realisiert werden.

Bei Verwendung eines MSM-Fotodetektors mit einer Ansprechfrequenz von z.B. 100 GHz oder mehr als fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160, lässt sich eine synchrone Abtastung mit einer hohen Ansprechfrequenz von ungefähr 10 MHz erzielen. Somit kann mittels des confokalen Laserabtastmikroskops eine Hochgeschwindigkeitsabtastung durchgeführt werden.

Bei diesem Ausführungsbeispiel der Vorrichtung können die gleichen Modifikationen wie beim zweiten Ausführungsbeispiel im Vergleich zum ersten Ausführungsbeispiel vorgenommen werden.

Wie beim ersten Ausführungsbeispiel beschrieben, kann anstelle des Halbleiter-Lasers 120 eine SL-Diode Verwendung finden. In diesem Falle wird das auf Grund des Rückkehr-Lichtstrahls erzeugte Rauschen so klein wie ungefähr 1/100 des bei Verwendung des Halbleiter-Lasers erhaltenen

Rauschens. Aus diesem Grund ist die Verwendung der SL-Diode zweckmäßig, wenn der vom Objekt 131 reflektierte und gestreute Lichtstrahl schwach ist oder wenn geringe Änderungen des Rückkehr-Lichtstrahls gemessen werden sollen. Bei dem confokalen optischen System 143 dient der kleine Lichtemissionspunkt der SL-Diode als Nadelloch zur Aufnahme des Lichtstrahls wie im Falle des Halbleiter-Lasers 120. Somit kann ein ideales confokales optisches System gebildet werden.

10

Wie im Falle des ersten Ausführungsbeispiels ist die fotoleitfähige Lichtempfangseinrichtung 160 vorzugsweise in die Anordnung des Halbleiter-Lasers 120 oder der SL-Diode integriert, um eine Verringerung der Abmessungen der Vorrichtung zu erzielen.

15

Die Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern es können auch verschiedene Änderungen und Modifikationen vorgenommen werden. So kann z.B. die Erfindung auch bei einem optischen Sensor, einem Glasfaser-Gyroskop oder dergleichen Verwendung finden.

20

Wie vorstehend im einzelnen beschrieben ist, können gemäß der erfindungsgemäßen optischen Rückkopplungs-Fotodetektorvorrichtung die Vorteile des üblichen Laserrückkopplungsverfahrens ausgenutzt werden, sodass das optische System vereinfacht und die Einstellung des optischen Systems erleichtert werden kann. Gleichzeitig lässt sich durch synchrone Erfassung eines von der Lichtquelle abgegebenen Lichtstrahls, dessen Intensität sich entsprechend dem von einem angemessenen Zielobjekt zurückkehrenden bzw. zurückgeführten Lichtstrahl ändert, das als Nachteil des Laserrückkopplungsverfahrens auftretende Rückkehrlicht-Rauschen weitgehend verringern.

35

Demzufolge kann der Einfluss von Störlicht oder dergleichen weitgehend unterdrückt werden und nur die auf Grund des Rückkehr-Lichtstrahls erzeugte Signalkomponente mit einem hohen Störabstand (S/N-Verhältnis) und einem großen  
5 Dynamikbereich erfasst werden, obwohl die Schaltungsanordnung einfach aufgebaut ist.

Wenn ein MSM Fotodetektor mit hochfrequentem Ansprechverhalten als fotoleitfähige  
10 Lichtempfangseinrichtung Verwendung findet, kann eine synchrone Detektion mit einer höheren Frequenz als die bei der üblichen synchronisierten Detektion verwendete zur Realisierung eines hochfrequenten Ansprechverhaltens durchgeführt werden.

15 Als Lichtquelle mit einer optischen Verstärkungsfunktion auf Grund eines einfallenden externen Lichtstrahls kann ein Halbleiter-Laser oder eine Superlumineszenzdiode verwendet werden. Bei Verwendung einer Superlumineszenzdiode lässt  
20 sich eine rauschfreie Fotodetektion mit einer höheren Empfindlichkeit als im Falle der Verwendung eines Halbleiter-Lasers erzielen.

Aus der vorstehenden Beschreibung ist ersichtlich, dass die  
25 Erfindung in mancherlei Weise abgeändert werden kann. Derartige Variationen sind jedoch nicht als Abweichung von dem in den Patentansprüchen festgelegten Schutzzumfang der Erfindung anzusehen.



27.09.02

Deutschsprachige Übersetzung der Patentansprüche  
der Europäischen Patentanmeldung Nr. 96 300 568.1  
des Europäischen Patents Nr. 0 724 258

1. Optische Rückkopplungs-Photodetektorvorrichtung, mit  
einer Lichtquelle (120) zur Emission eines  
Lichtstrahls, und  
einem optischen System (140), das den von der  
Lichtquelle (120) abgegebenen Lichtstrahl auf ein  
anzumessendes Objekt (130) richtet und den vom Objekt (130)  
zurückgeworfenen Rücklichtstrahl auf die Lichtquelle (120)  
rückkoppelt,

gekennzeichnet durch:

einen Oszillator (100) zur Oszillation eines  
Synchronsignals mit einer vorgegebenen Frequenz,  
eine Treibersignal-Ausgabeeinheit (110) zur Ausgabe  
eines Treibersignals, das auf der Basis des vom Oszillator  
(100) abgegebenen Synchronsignals mit der vorgegebenen  
Frequenz moduliert ist, wobei die Lichtquelle das von der  
Treibersignal-Ausgabeeinheit (110) abgegebene Treibersignal  
erhält, den mit der vorgegebenen Frequenz  
intensitätsmodulierten Lichtstrahl emittiert und durch das  
auf die Lichtquelle rückgekoppelte Licht eine optische  
Verstärkungsfunktion aufweist,

eine Spannungszuführungseinheit (150) zur Ausgabe eines  
Wechselspannungssignals mit der vorgegebenen Frequenz auf der  
Basis des vom Oszillator (100) abgegebenen Synchronsignals,  
eine photoleitfähige Lichtempfangseinrichtung (160) zur  
Aufnahme des von der Lichtquelle (120) abgegebenen  
Lichtstrahls, die den von der Lichtquelle (120) abgegebenen

27.09.02

Lichtstrahl bei Anliegen des von der Spannungszuführungseinheit (150) abgegebenen Wechselspannungssignals mit der vorgegebenen Frequenz synchron erfaßt,

eine Strom/Spannungs-Umsetzereinheit (170) zur Umsetzung eines durch die photoleitfähige Lichtempfangseinrichtung (160) fließenden modulierten Stroms in ein Spannungssignal und Ausgabe des Spannungssignals, und eine Frequenzfiltereinheit (180) zur Extraktion und Ausgabe einer Frequenzkomponente des von der Strom/Spannungs-Umsetzereinheit (170) abgegebenen Spannungssignals, deren Frequenz niedriger als die vorgegebene Frequenz ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,

**gekennzeichnet durch**

eine Phaseneinstelleinheit (190) zur Einstellung einer Modulationsphase des der Lichtquelle (120) zugeführten Treibersignals und einer Modulationsphase des der photoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung (160) zugeführten Wechselspannungssignals.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1,

**gekennzeichnet durch**

eine Vorspannungsregeleinheit (200) zur Regelung einer Betriebsvorspannung der photoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung (160).

4. Vorrichtung nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

die Lichtquelle (120) einen Halbleiter-Laser oder eine Superlumineszenzdiode umfaßt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

der Halbleiter-Laser (120) mit einem Treiberstrom in einem Bereich betrieben wird, der unter dem Schwellenstromwert des Halbleiter-Lasers liegt.

27.09.02

6. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**

die photoleitfähige Lichtempfangseinrichtung (160) eine Charakteristik aufweist, gemäß der ein durch die photoleitfähige Lichtempfangseinrichtung (160) fließender photoelektrischer Strom eine im wesentlichen ungeradzahlige Funktion einer anliegenden Spannung innerhalb eines vorgegebenen, einen anliegenden Spannungswert von 0 V einschließenden Bereichs aufweist, wenn die Intensität des empfangenen Lichtstrahls konstant und die anliegende Spannung eine unabhängige Variable sind,

der durch die photoleitfähige Lichtempfangseinrichtung (160) fließende photoelektrische Strom eine im wesentlichen lineare Funktion der Intensität des empfangenen Lichtstrahls innerhalb eines vorgegebenen Bereichs der Intensität des empfangenen Lichtstrahls aufweist, wenn die anliegende Spannung konstant und die Intensität des empfangenen Lichtstrahls eine unabhängige Variable sind, und

das der photoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung (160) zugeführte Spannungssignal periodisch ist und einen zeitlichen Mittelwert von im wesentlichen Null aufweist, so daß eine Amplitude eine im wesentlichen geradzahlige Zeitabhängigkeit aufweist, wenn ein Ursprung auf einen Mittelpunkt zwischen benachbarten Zeitpunkten eingestellt ist, bei denen die Amplitude zu Null wird.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**

die photoleitfähige Lichtempfangseinrichtung (160) einen Metall-Halbleiter-Metall-Photodetektor (161) aufweist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**

die photoleitfähige Lichtempfangseinrichtung (160) einen Photodetektor (161) mit einem Halbleitersubstrat (161a) aufweist, das als lichtempfindliches Material im wesentlichen aus GaAs, aus InP, aus GaP, aus InGaAs, aus HgCdTe, aus PbS, aus PbSe, aus CdS oder aus CdSe besteht.

27.09.00

9. Vorrichtung nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

das der Lichtquelle (120) zugeführte Treibersignal, eine Modulationsfrequenz  $f_0$  des der photoleitfähigen Lichtempfangseinrichtung (160) zugeführten Spannungssignals und die Objektentfernung  $L$  von der Lichtquelle (120) zu dem anzumessenden Objekt (130) die folgende Gleichung erfüllen oder im wesentlichen erfüllen:

$$f_0 = N \cdot C / 2L$$

wobei

$N$  eine positive ganze Zahl und

$C$  die Lichtgeschwindigkeit

bezeichnen.

10. Verfahren zur Messung einer Charakteristik oder Eigenschaft eines Objekts (130), bei dem von einem Laser (120) abgegebenes und von dem Objekt (130) reflektiertes Licht zum Einfallen auf den Laser (120) veranlaßt wird und sich ergebende Änderungen der Schwingung des Lasers (120) erfaßt werden, um die Bestimmung einer Charakteristik oder Eigenschaft des Objekts (130) zu ermöglichen, wobei

der Laser (120) einen Laserstrahl emittiert und

der vom Laser (120) abgegebene Strahl mittels eines optischen Systems (140) auf das anzumessende Objekt (130) gerichtet und der vom Objekt (130) zurückkehrende Laserstrahl auf den Laser (120) rückgekoppelt wird,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

ein Synchronsignal von einem Oszillator (100) mit einer vorgegebenen Frequenz erzeugt wird,

eine Treibersignal-Ausgabeeinheit (110) zur Ausgabe eines Treibersignals auf der Basis des vom Oszillator (100) abgegebenen Synchronsignals mit der vorgegebenen Frequenz modulationsgesteuert wird,

27.09.02

der Laser das von der Treibersignal-Ausgabeeinheit (110) abgegebene Treibersignal erhält und den Laserstrahl mit der vorgegebenen Frequenz intensitätsmoduliert und durch das auf den Laser rückgekoppelte Licht optisch verstärkt emittiert,

ein Wechselspannungssignal mit der vorgegebenen Frequenz auf der Basis des vom Oszillator (100) abgegebenen Synchronsignals erzeugt wird,

eine photoleitfähige Lichtempfangseinrichtung (160) den vom Laser (120) abgegebenen Laserstrahl aufnimmt und den vom Laser (120) abgegebenen Laserstrahl bei Anliegen des zugeführten Wechselspannungssignals mit der vorgegebenen Frequenz synchron erfaßt,

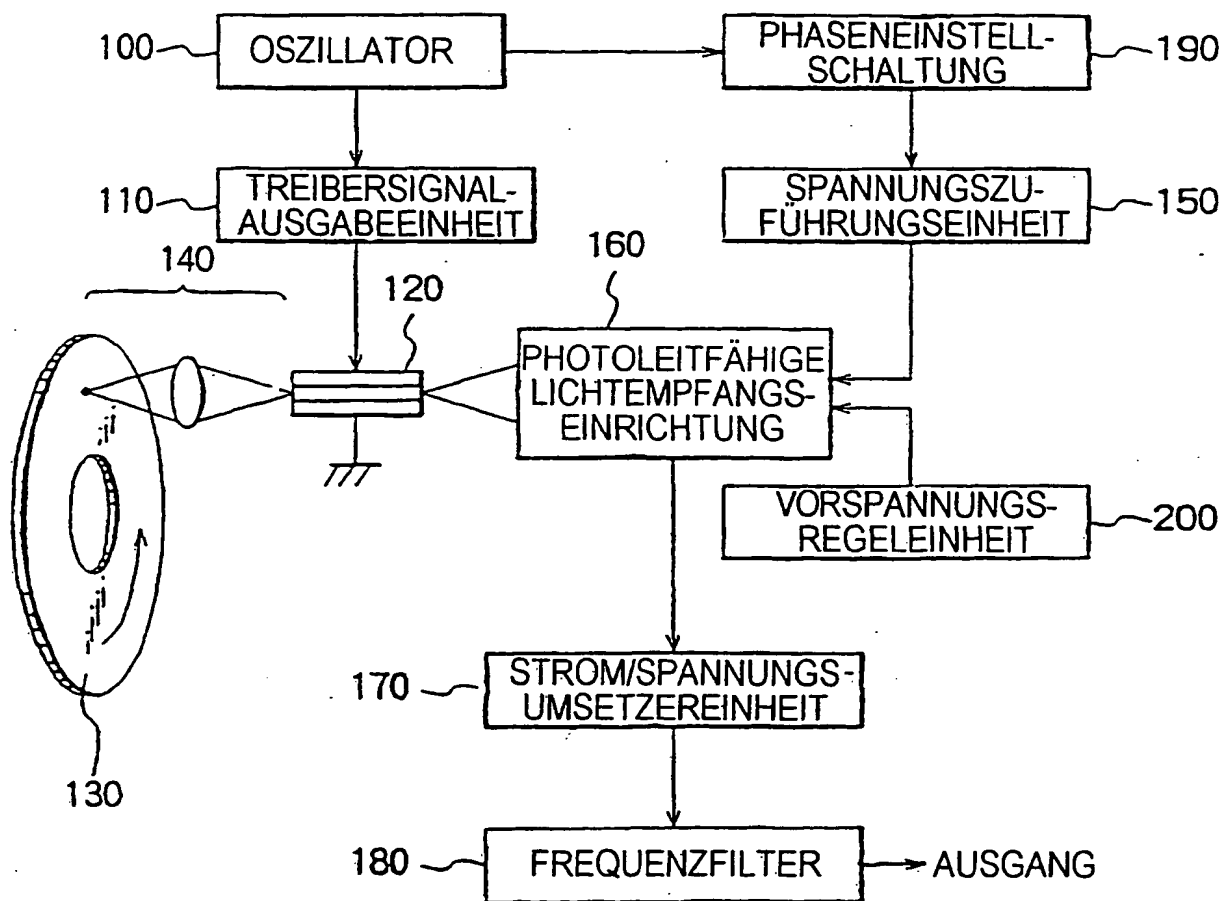
ein durch die photoleitfähige Lichtempfangseinrichtung (160) fließender modulierter Strom in ein Ausgangsspannungssignal umgesetzt wird, und

das Ausgangsspannungssignal gefiltert wird, um eine Frequenzkomponente zu extrahieren, deren Frequenz niedriger als die vorgegebene Frequenz ist.

69623 P30.6

1/12

Fig. 1



27.09.02

2/12

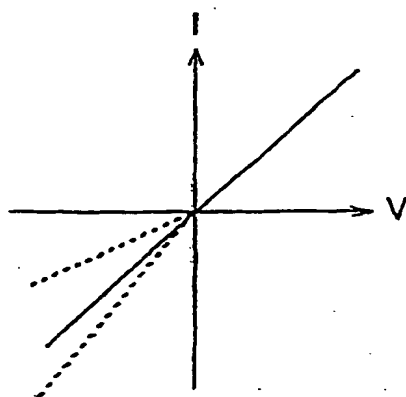


Fig. 2

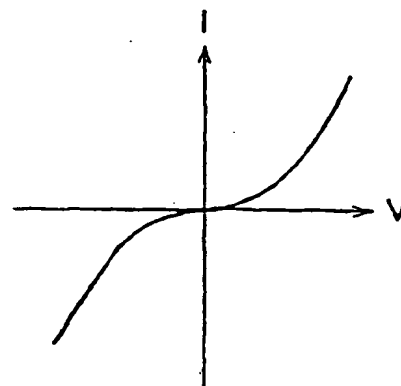


Fig. 3

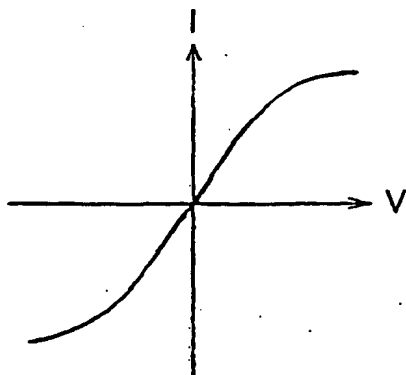


Fig. 4

Fig. 5

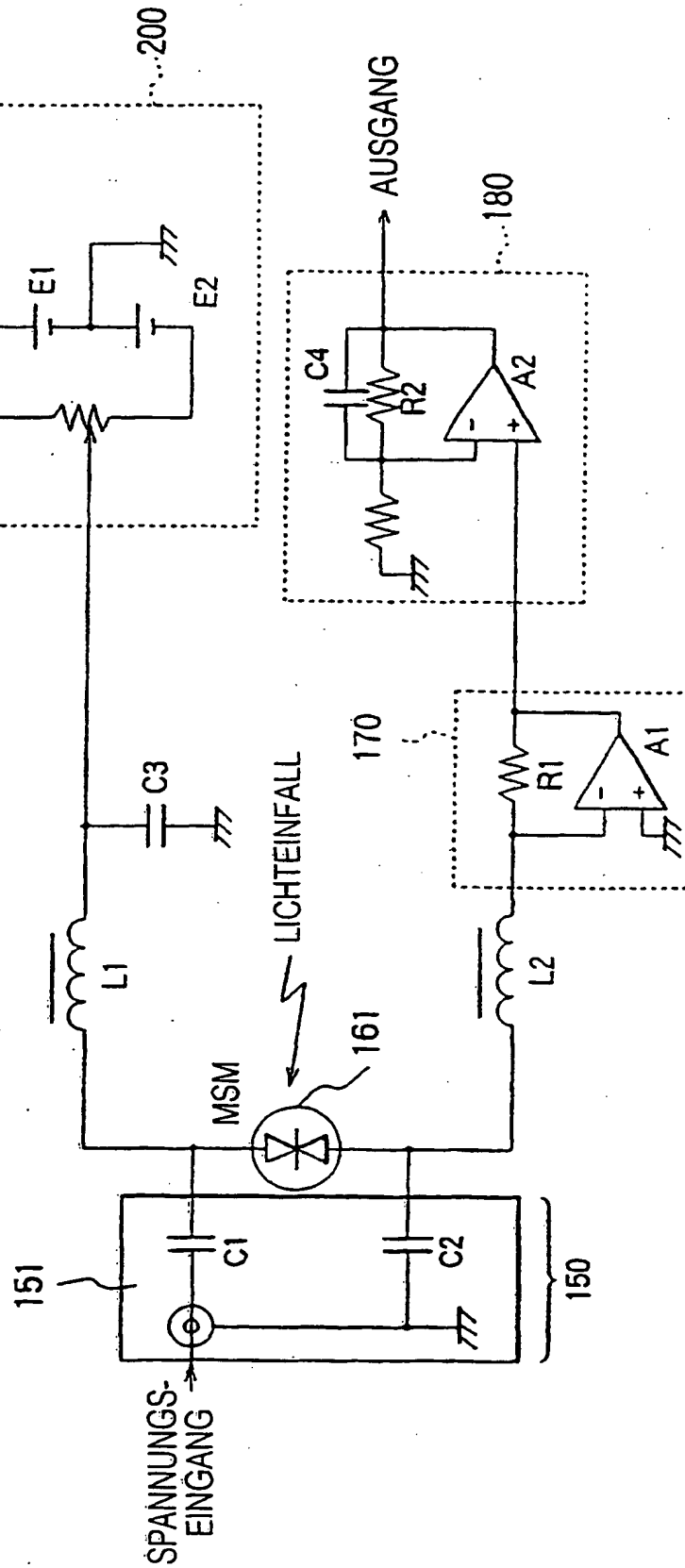




Fig. 6

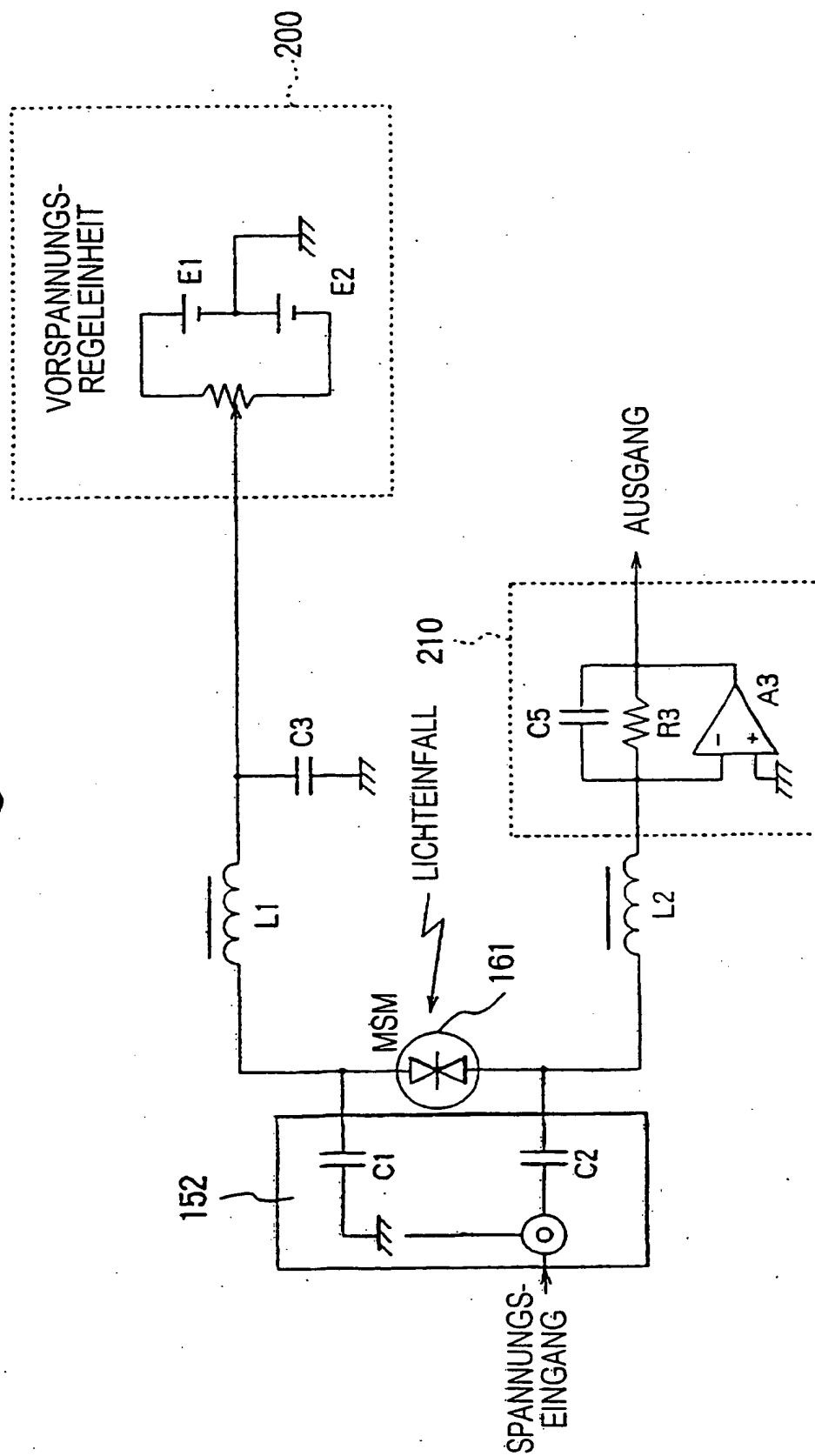
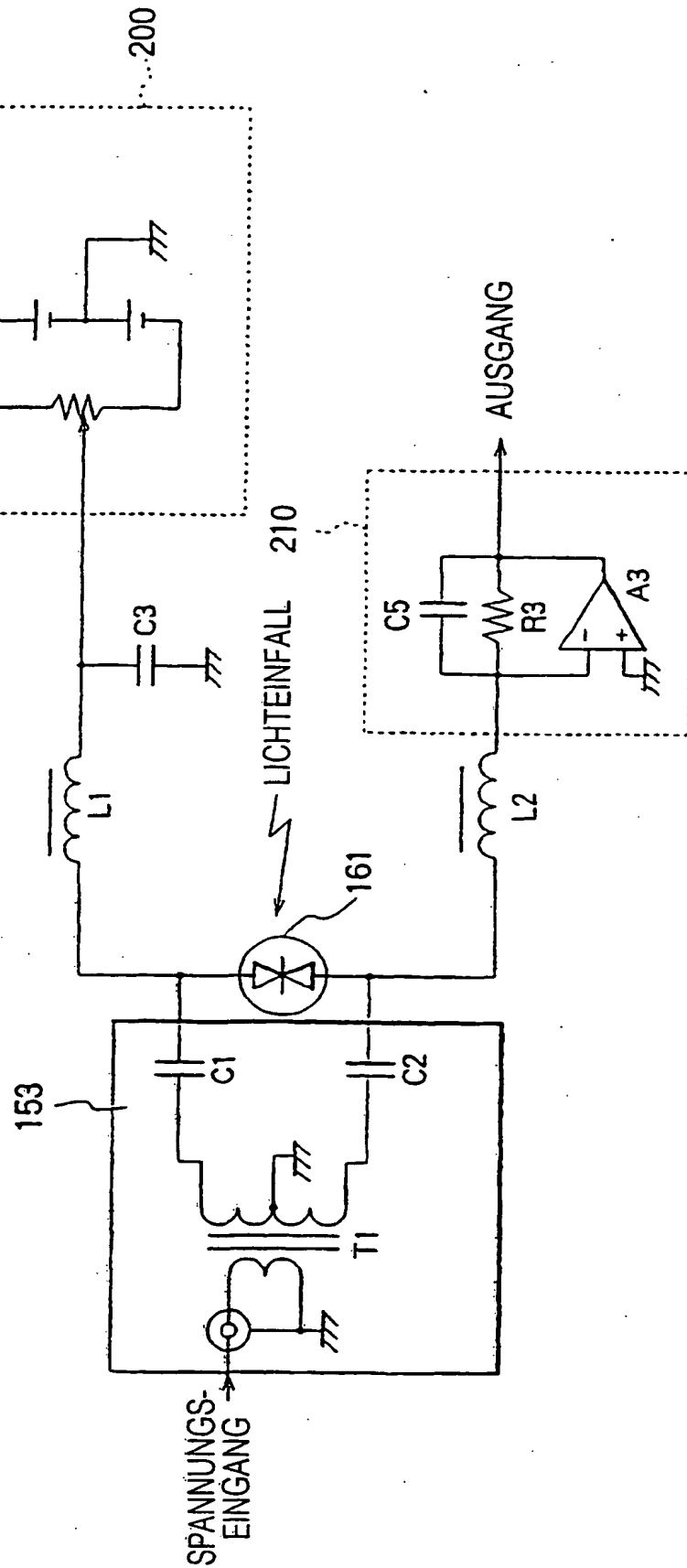


Fig. 7



27.09.02

6/12

Fig. 8

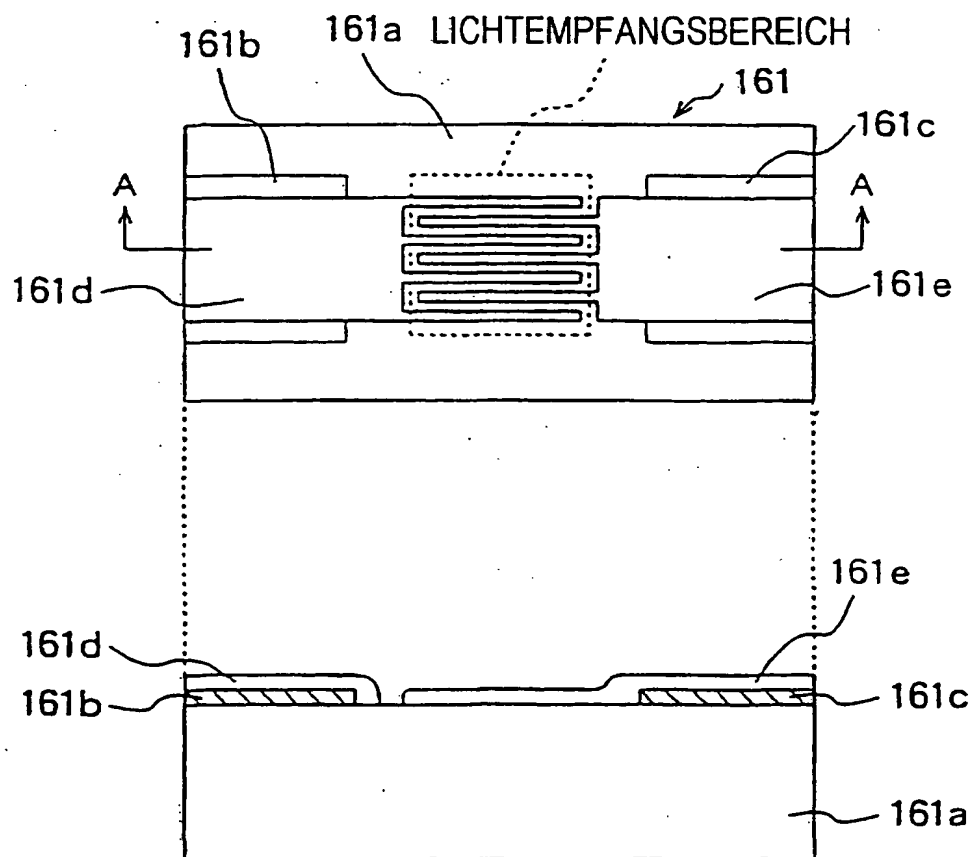


Fig. 9

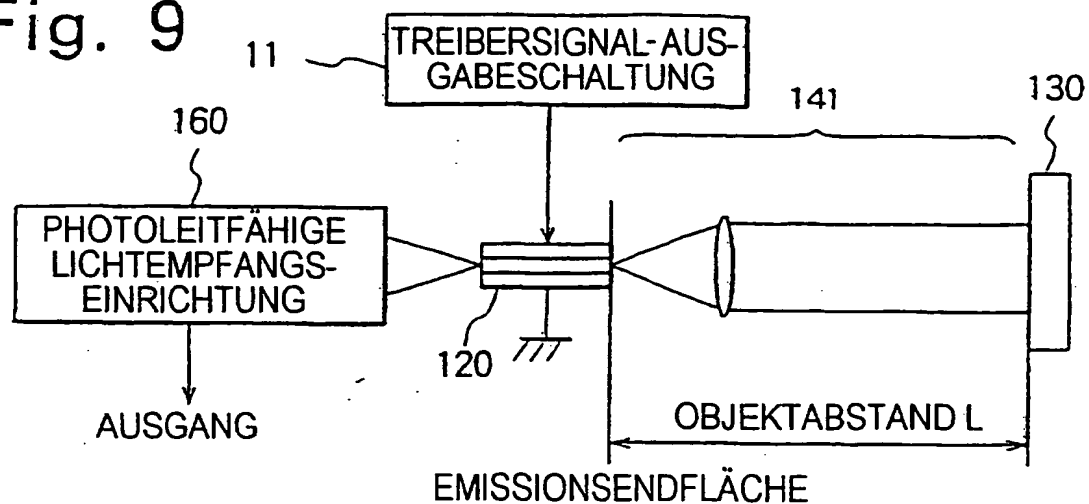


Fig. 10

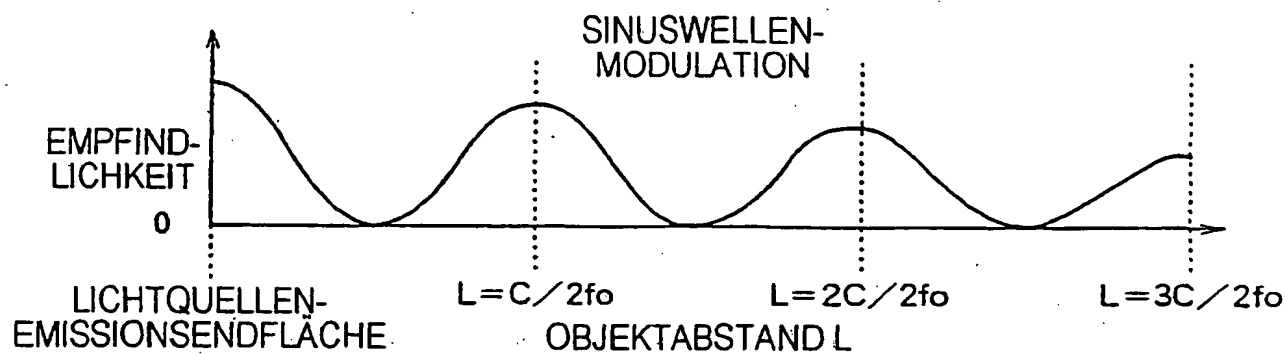
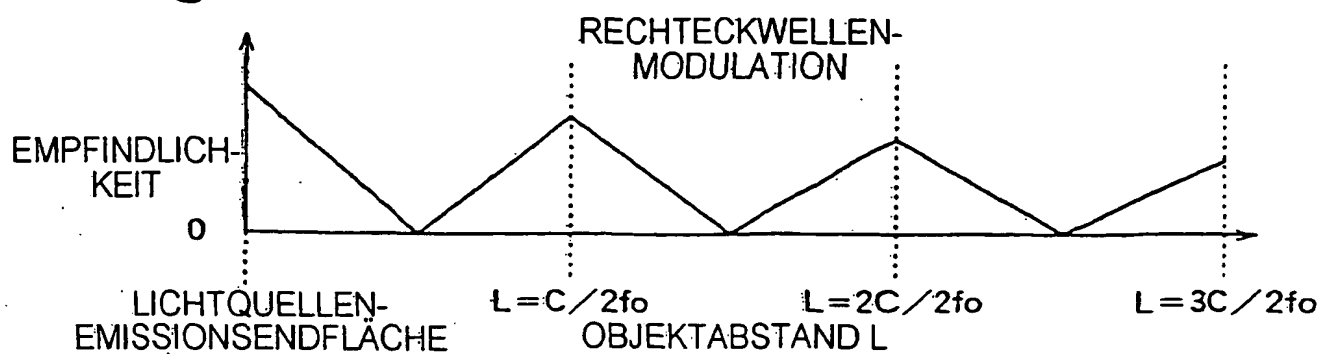


Fig. 11



27.09.02

8/12

Fig. 12

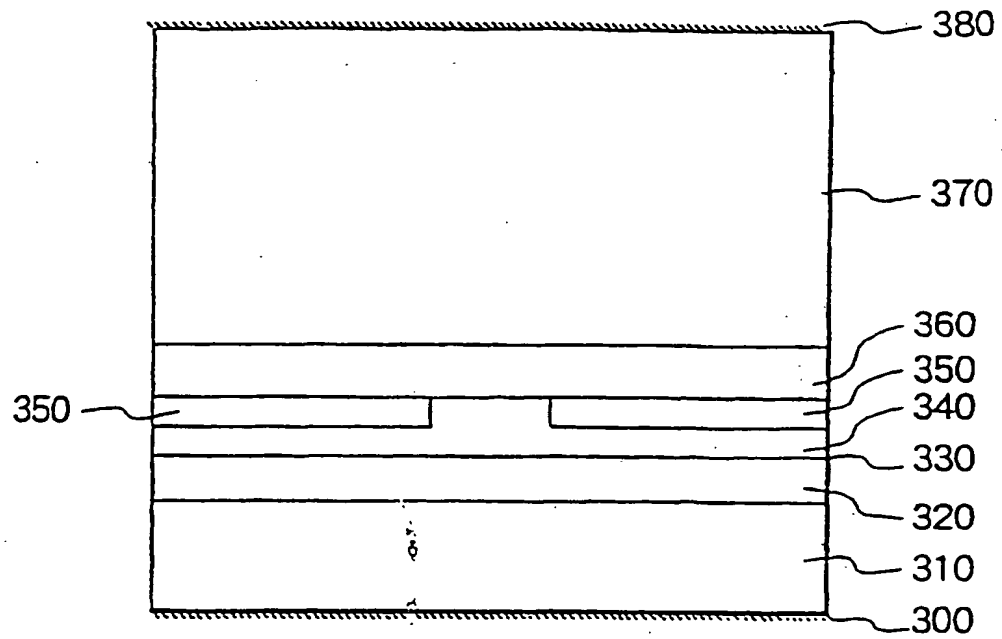
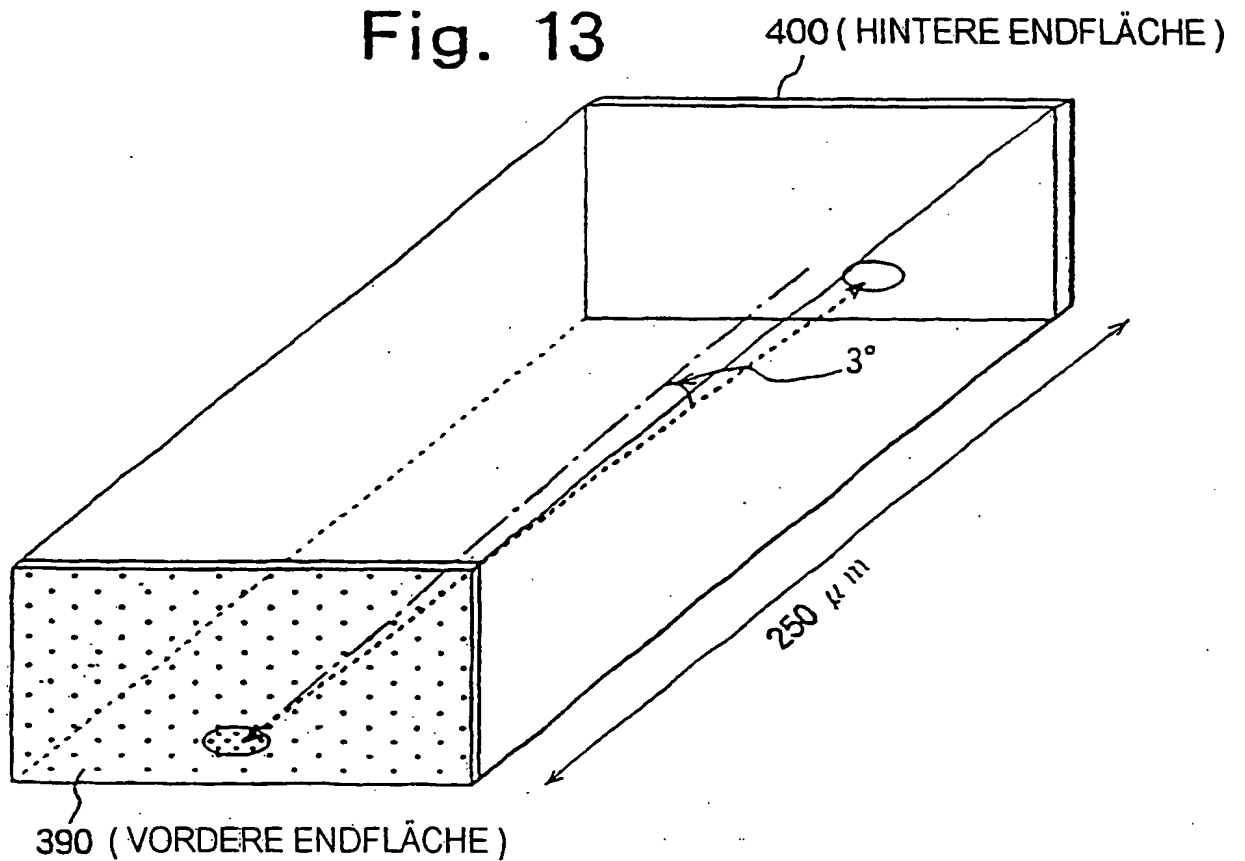


Fig. 13



27.09.02

9/12

Fig. 14

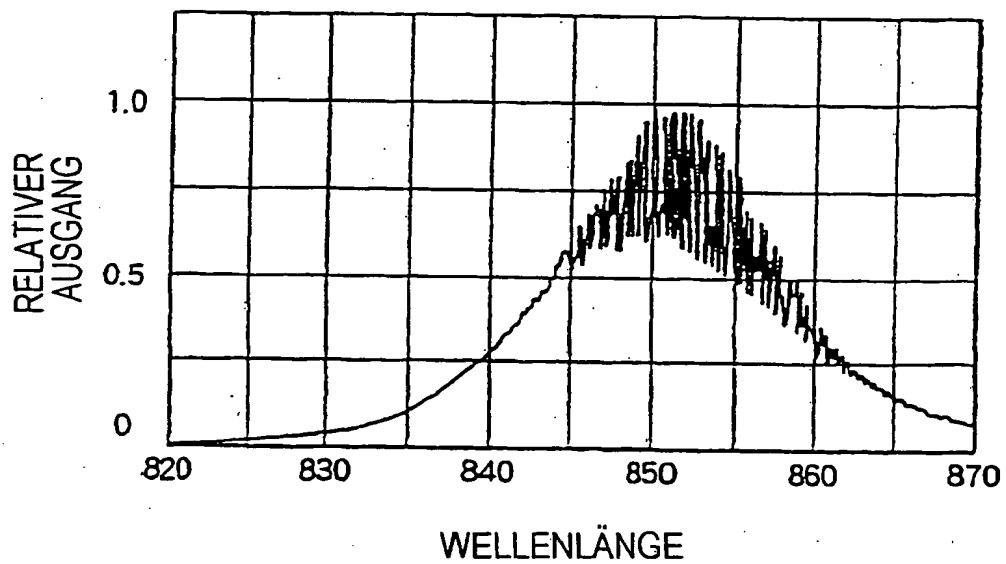


Fig. 15

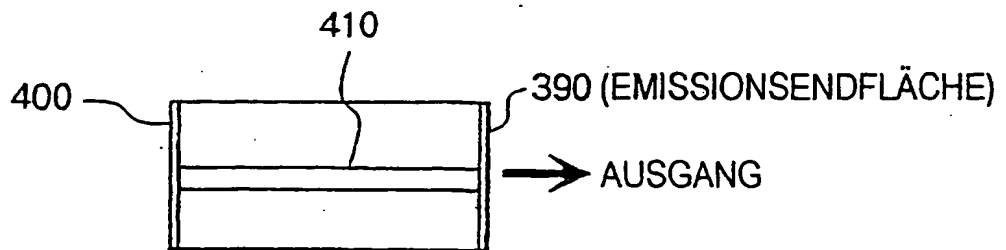


Fig. 16

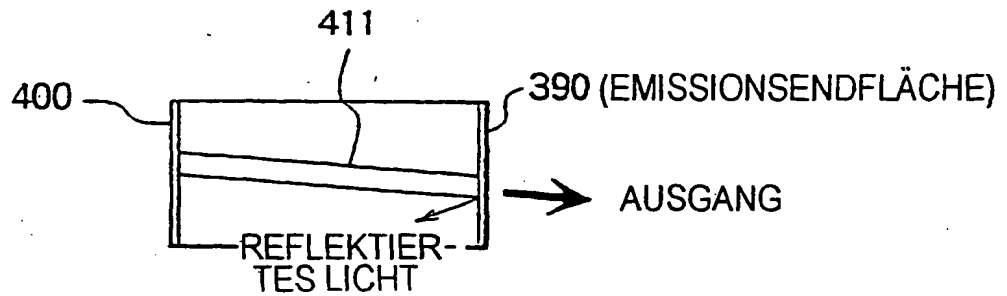


Fig. 17

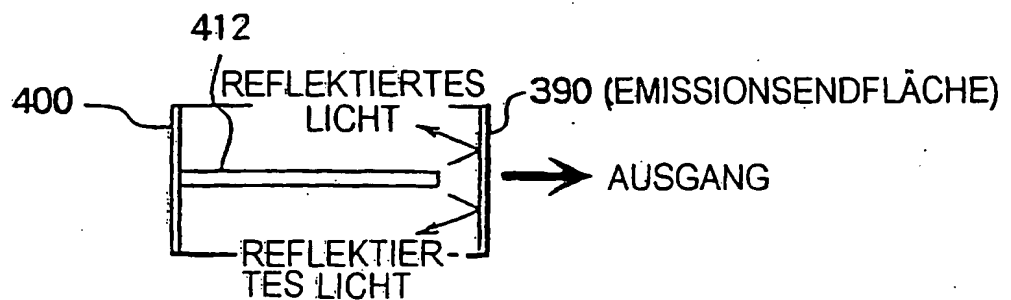


Fig. 18

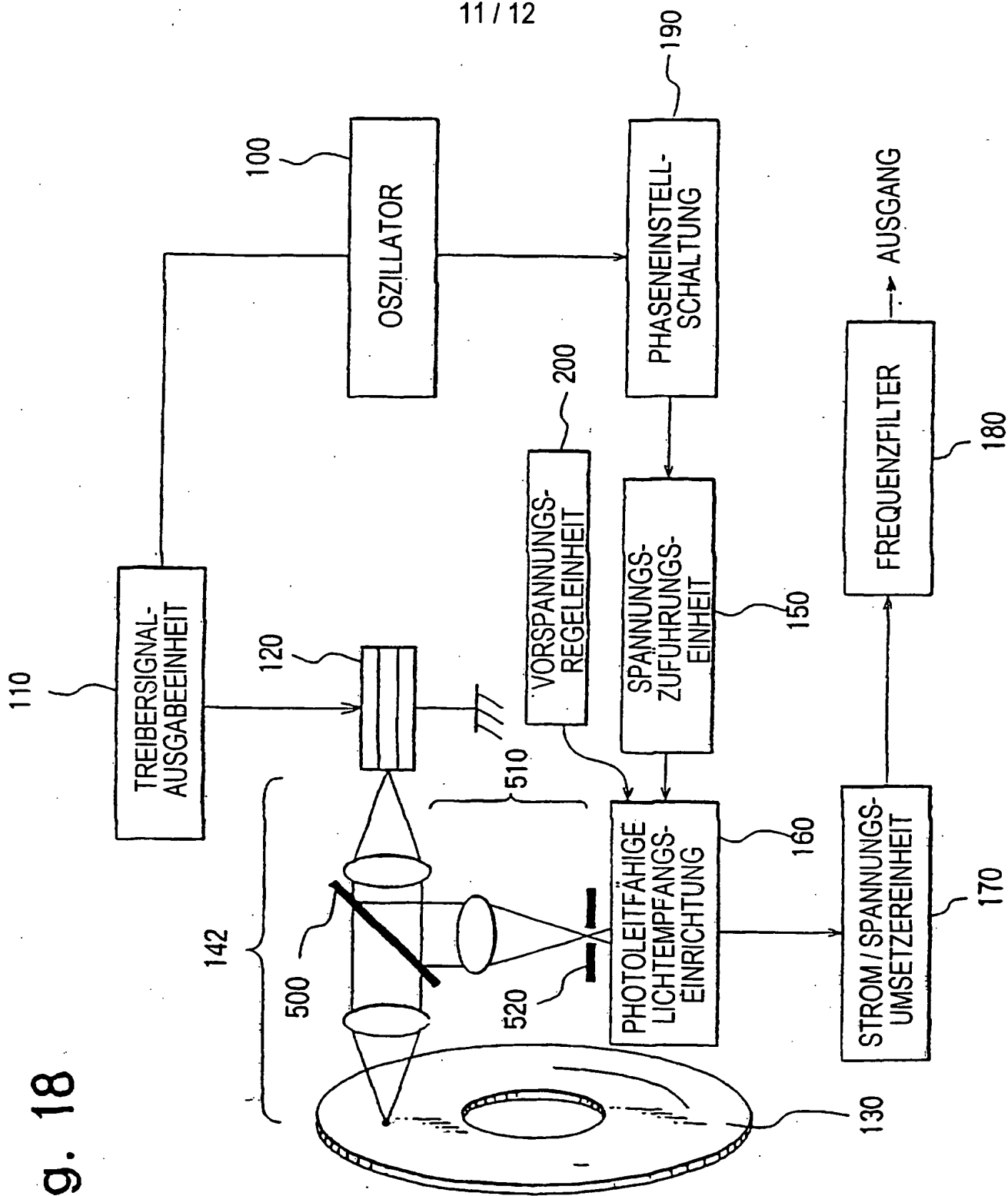




Fig. 19

